

واژگان کلیدی: آتروپی شانون، اولویت‌بندی عوامل، تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی، عوامل انسانی، عوامل محیطی.

مقدمه

کمبود آب یکی از چالش‌های قرن حاضر است که در آینده یکی از مشکلات عمده بشریت به حساب خواهد آمد. افزایش جمعیت، رشد روزافزون فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و گسترش بی‌رویه شهرها منجر به آلودگی منابع آب و ایجاد بحران‌های منطقه‌ای ناشی از توزیع ناهمگون منابع و مصارف در بسیاری از نقاط جهان شده است [۲۷]. خشک‌سالی یک مسئله زیست‌محیطی است که به سرعت در حال افزایش است و می‌تواند خسارات اقتصادی و اجتماعی را ایجاد کند که جبران‌ناپذیر است یا به‌سختی جبران می‌شود [۱۶] و می‌توان گفت امروزه خشک‌سالی به یکی از گران‌ترین بلاهای طبیعی تبدیل شده است [۱۰] و یکی از عوامل تهدیدکننده جوامع بشری خشک‌سالی است [۲۲]. ضروری است که آگاهی بیشتری از ویژگی‌های خشک‌سالی و عوامل مؤثر اخذ شود تا اثرات منفی آن را کاهش داد [۹].

حوزه آبخیز جبل‌رود استان سمنان به دلیل شرایط ویژه آب‌وهوایی از این پدیده مصون نبوده و همواره خشک‌سالی در همه مناطق آن محتمل است. از این‌رو لازم است با بررسی عوامل مؤثر در خشک‌سالی، به تدوین و ارائه طرح‌های بلندمدت علمی پرداخت تا به مدد دانش و آگاهی، بتوان برای عبور از این پدیده با حداقل خسارات اجتماعی و اقتصادی آمادگی لازم را پیدا کرد و خسارت ناشی از آن را به حداقل رساند. تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب و اولویت‌بندی گزینه‌های مهم مؤثر بر خشک‌سالی، از بین گزینه‌های گوناگون، نقش مؤثری در پیشبرد اهداف مدنظر ایفا می‌نماید [۱۹]. برای نیل به این هدف فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه مناسب است و می‌توان مسئله را به‌صورت سلسله‌مراتبی در قالب معادلات درآورد و در آن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در نظر گرفت. در سال‌های اخیر استفاده از این روش و توسعه سامانه‌های رایانه‌ای که آن را پشتیبانی می‌کنند به دلیل دستیابی به تصمیماتی با دقت بالاتر اهمیت بیشتری یافته است.

از ابتدای شکل‌گیری تمدن انسانی تاکنون، همواره خشک‌سالی تأثیرات شدیدی و گاه فاجعه‌آمیز بر فعالیت‌های حیاتی انسان داشته است. خشک‌سالی به‌خودی‌خود یک فاجعه محسوب نمی‌شود، بلکه

بررسی علل بروز خشک‌سالی در حوزه آبخیز جبل‌رود استان سمنان

علی نادعلی‌زاده^۱، محمدرضا یزدانی^{۲*}، علی‌اصغر ذوالفقاری^۳

مهران محمودی^۴، مهدی رحیمیان^۵

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۷/۲۸ تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۱۰/۰۹

DOI: 10.22034/WMI.2024.2043829.1087

چکیده

خشک‌سالی از جمله بلاهایی طبیعی است که موجب خسارات زیادی در کشور ایران شده است. با توجه به اهمیت حوزه آبخیز جبل‌رود در توسعه فعالیت‌های مختلف خصوصاً بخش کشاورزی و تأثیرات نامطلوب خشک‌سالی بر این منطقه، در این تحقیق عوامل ایجاد خشک‌سالی شامل عوامل طبیعی و انسانی در منطقه مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی (GAHP) رتبه‌بندی عوامل انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده از بین ۱۱ عامل طبیعی و ۱۴ عامل انسانی منتخب، نشان داد که در بین عوامل طبیعی، کاهش بارندگی مهم‌ترین عامل و فرسایش آبی و بادی به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین عامل و در بین عوامل انسانی، عدم مدیریت یکپارچه و کارآمد در بخش آب و کشاورزی و سیاست‌های منطقه‌ای و ملی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل و آزمون‌بودن منطقه به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین عامل شناسایی شده است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از این است که با مدیریت صحیح و کارآمد و اجرای سیاست‌های درست در مدیریت آب می‌توان بحران کمبود آب به وجود آمده را بهتر مدیریت نمود. از طرفی باید اقدامات صحیح از طرف مسئولین در این راستا صورت پذیرد. نتایج به‌دست‌آمده قابل‌استفاده سازمان‌های مرتبط برای حل معضل تنش آب در منطقه مورد مطالعه است.

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته هواشناسی کشاورزی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان و کارشناس ارشد شرکت سهامی آب منطقه‌ای سمنان

۲- دانشیار گروه بیابانزایی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، سمنان،

* نویسنده مسئول Email: m_yazdani@semnan.ac.ir

۳- دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان،

سمنان

۴- کارشناس ارشد شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان سمنان، سمنان

۵- کارشناس ارشد شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان سمنان، سمنان

تأثیرات آن بر مردم و محیط‌زیست است که فاجعه‌آمیز بودن آن را مشخص می‌کند؛ بنابراین نکته کلیدی درباره خشک‌سالی، درک ابعاد طبیعی و اجتماعی آن است [۲۴]. در تحقیقی در منطقه دهستان گلاب شهرستان کاشان، راهکارها و فن‌های مقابله و کاهش اثرات خشک‌سالی به سه مؤلفه مدیریت منابع آب و آبیاری، مدیریت و ظرفیت‌سازی نهادی و فن‌های مؤثر در کاهش تأثیرات خشک‌سالی بررسی شد و مشخص شد که هر یک از این مؤلفه‌ها می‌توانند محور یک برنامه کار و طرح عملیاتی برای کاهش تأثیرات خشک‌سالی، بخصوص در بخش اقتصادی و کشاورزی در جوامع روستایی محسوب شوند که از بین آن‌ها نیز مؤلفه مدیریت منابع آب و آبیاری با درصد واریانس بالا می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین راهکار مدیریتی به‌منظور کاهش اثرات بحران خشک‌سالی، مورد استفاده قرار گیرد [۴]. درجه آسیب‌پذیری ناشی از خشک‌سالی در ۱۰ منطقه روستایی مورد بررسی قرار گرفت و با تکمیل ۳۰۰ پرسش‌نامه، سطح و درجه آسیب‌پذیری ناشی از خشک‌سالی، با استفاده از متغیرهای مربوطه سنجیده شد. نتایج نشان داد روستاهای مورد مطالعه، از نظر سطح و درجه آسیب‌پذیری، تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارند [۱۷].

نقش عوامل اقلیم مانند بارندگی نیز تحقیقات انجام شده بیانگر تأثیر آن بر عملکرد محصولات زراعی و مشکلات ناشی از خشک‌سالی شده است. این معضل موجب کاهش درآمد مناطق روستایی و مهاجرت آن‌ها به دیگر مناطق شده است [۱۴ و ۵]. بررسی‌های دیگر انجام شده بیانگر این بوده است که نوع الگوی کشت، زمان کاشت، نوع معیشت، فن‌های آبیاری مورد استفاده، گیاهان مورد استفاده و تعداد دام نقش مهمی در تشدید وقوع خشک‌سالی داشته و مدیریت این عوامل می‌تواند به‌منظور کاهش اثرات خشک‌سالی مدنظر قرار گیرد [۷]. البته تداوم خشک‌سالی می‌تواند موجب ایجاد مشکلات دیگری مانند آتش‌سوزی در مناطق تحت تأثیر شود [۲۳]. در مناطق پرجمعیت که معیشت آن‌ها وابسته به کشاورزی و دامداری است، عوامل مؤثر متفاوت و ریسک خشک‌سالی می‌تواند بیشتر باشد [۶].

در تحقیقی عوامل مؤثر بر مدیریت خشک‌سالی در نواحی روستایی شهرستان ایلام بررسی شده است. نتایج نشان داد که ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی زیربنایی به ترتیب ۰/۳۵۱، ۰/۳۸۱ و ۰/۲۵۱ به‌طور مستقیم مدیریت خشک‌سالی را تبیین می‌کنند [۲۰]. بررسی اثرات اقتصادی و اجتماعی خشک‌سالی بر در نواحی روستایی شهرستان بیجار نشان می‌دهد در بعد اقتصادی، افزایش بیکاری، کاهش پس‌انداز، کاهش رضایت شغلی، کاهش قیمت زمین و اراضی، کاهش تولیدات دامی، کاهش امید به زندگی و افزایش قیمت غذایی بیشترین تأثیر را در این مناطق داشته است و در بعد اجتماعی نیز افزایش مهاجرت، کاهش مشارکت روستایی، افزایش فقر، کاهش کیفیت محیط و سطح زندگی، افزایش درگیری‌های خانوادگی و شیوع بیماری را در پی داشته است [۲۶].

بنابراین لازم است عوامل مؤثر بر خشک‌سالی مشخص شوند. مشخصه‌های خشک‌سالی و عوامل مؤثر بر آن مورد بررسی قرار

گرفت. مشخص‌های آب‌وهوا شناسی، مشخصه‌های فیزیکی حوضه و فعالیت‌های انسانی جز عوامل تأثیرگذار در وقوع خشک‌سالی می‌توانند باشند [۱۸]. این عوامل در هر منطقه و شرایط جغرافیایی متفاوت بوده و شناخت آن‌ها می‌تواند مسیر را برای اقدامات مدیریت خشک‌سالی مهیا نماید. در تحقیقی در کالیفرنیا مشخص شد سه عامل بیمه کشاورزی، سیستم ارزیابی خشک‌سالی و توجه به دانش در افزایش انعطاف‌پذیری جامعه به خشک‌سالی در این منطقه نقش کلیدی دارد [۱۳].

هدف اصلی انجام تحقیق بررسی علل بروز خشک‌سالی در حوزه آبخیز حبله‌رود مستقر در استان سمنان و اولویت‌بندی درجه اهمیت آن‌ها می‌باشد تا با شناخت و بررسی علل بروز آن خسارات آن را کاهش داد. شناسایی این علل جهت تدوین برنامه سازگاری، تسکین و کاهش خسارات آتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد که داشتن این برنامه از خسارات احتمالی اقتصادی و اجتماعی شدید در آینده تا حد زیادی می‌کاهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز حبله‌رود با مساحت ۲۳۰۰۰ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۶ درجه عرض شمالی در استان‌های تهران و سمنان واقع شده است (شکل ۱). رژیم بارش در منطقه مدیترانه‌ای است و بارندگی از اواسط آبان‌ماه تا اواسط اردیبهشت‌ماه به‌صورت عمده مشاهده می‌گردد و فصل خشک متمرکز بر تابستان است. متوسط بارندگی سالانه ۱۵۹/۶ میلی‌متر در سال می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیمی در ناحیه ایران تورانی واقع شده است [۱۵]. شهرستان گرمسار بر روی مخروط‌افکنه حبله‌رود قرار داشته و از جمله دشت‌ها و مناطق نسبتاً خشک کشور محسوب می‌شود و آب مورد نیاز بخش‌های مختلف آن عمدتاً از رودخانه‌های حبله‌رود، رامه و منابع آب زیرزمینی همانند چاه و قنات تأمین می‌شود. رودخانه حبله‌رود یکی از رودخانه‌های دائمی استان سمنان و شهرستان گرمسار می‌باشد.

روش تحقیق

برای شناسایی و اولویت‌بندی علل بروز خشک‌سالی گردید از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی، استفاده شد. در این راستا از نظر گروه تصمیم‌گیری جهت تا عوامل و از نظر خبرگان جهت تعیین اولویت عوامل استفاده شد. بدین منظور برای هر خبره با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون وزنی در نظر گرفته می‌شود سپس با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی عوامل بروز خشک‌سالی در منطقه رتبه‌بندی گردید.

جدول ۱: مقایسه‌های زوجی

تعریف	اهمیت یکسان دو عامل	ترجیح نسبی عامل	ترجیح زیاد عامل i	ترجیح شدید عامل	ترجیح فوق‌العاده زیاد	ارزش‌یابی بینایی در قضاوت‌ها
درجه اهمیت	۱	۳	۵	۷	۹	۲، ۴، ۶، ۸

جدول ۲: وضعیت تحصیلی و فراوانی تصمیم‌گیرندگان و خبرگان

مدرک تحصیلی	تعداد گروه تصمیم‌گیری	درصد فراوانی	تعداد خبرگان	درصد فراوانی
فوق‌دیپلم	۴	۱۳/۸	۰	۰
کارشناسی	۱۴	۴۲/۲۷	۷	۳۸/۸۹
کارشناسی‌ارشد	۸	۲۷/۵۹	۶	۳۳/۳۳
دکتری	۳	۱۰/۳۴	۵	۲۷/۷۸
جمع	۲۹	٪۱۰۰	۱۸	۱۰۰

تصمیم‌گیری و خبرگان بهره‌گرفته شده است. از گروه تصمیم‌گیری جهت کمک برای انتخاب علل بروز خشک‌سالی و از خبرگان به‌منظور تعیین میزان اهمیت هر یک از عوامل در ایجاد خشک‌سالی بهره‌گرفته شده است. به عبارتی این دو گروه کسانی هستند که محقق را برای انتخاب عوامل و تعیین میزان تأثیر هر عامل یاری نمودند. اعضای این دو گروه افرادی آگاه و صاحب‌نظر هستند (جدول ۲).

آنتروپی شانون^۱

وزن‌دهی به خبرگان با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون انجام شد. آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان‌شده توسط یک توزیع احتمال گسسته به‌طوری‌که این عدم اطمینان در صورت پخش بودن توزیع بیشتر از فراوانی تیزتر باشد. آنتروپی برای نخستین بار توسط شانون در سال ۱۹۴۸ ارائه‌شده و رابطه زیر نشان‌دهنده فرمول آن می‌باشد:

$$H(P(x)/x \in X) = -\sum_{x \in X} P(x) \log_2 P(x) \quad (6)$$

که در آن $(P(x) | x \in X)$ توزیع احتمال مجموعه محدود x است. بر این اساس آنتروپی شانون تابعی به فرم زیر است.

$$H: R \rightarrow [0, \infty)$$

که در آن P بیانگر مجموعه تمام توزیع احتمال‌ها بر مجموعه‌های محدود است.

$$P = UP^n \quad (7)$$

$$n \in N$$

$$P^n = \{(P_1, P_2, \dots, P_n) / P_i \geq 0, i \in N, \sum_{i=1}^n P_i = 1\} \quad (8)$$

بنابراین، تابع H بیانگر اندازه عدم قطعیت بر اساس توزیع احتمال مزبور است [۱۲].

وزن‌های نسبی تقسیم می‌شود. میانگین عناصر حاصل محاسبه و λ max نامیده شد. شاخص ناسازگاری از رابطه (۴) که در آن n بعد ماتریس مقایسه‌های زوجی است محاسبه می‌شود.

$$\frac{\lambda \max - n}{n - 1} \quad (4)$$

شاخص ناسازگاری تصادفی از جدول مربوطه استخراج می‌شود. نرخ ناسازگاری از تقسیم شاخص ناسازگاری بر شاخص ناسازگاری تصادفی به دست می‌آید [۲].

مرحله پنجم: تعیین وزن نهایی

بردار وزن‌های هر سطح در بردارهای وزن (ماتریس وزن) سطوح بالاتر ضرب می‌شود و در نهایت بردار وزن نهایی از رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$W = W^{(L)} \cdot W^{(L-1)} \dots \cdot W^{(2)} \quad (5)$$

$W^{(L)}$: ماتریس وزن‌های سطح L ، $W^{(L-1)}$: ماتریس وزن‌های سطح $L-1$ ، $W^{(2)}$: بردار وزن سطح دو نسبت به هدف [۲]. با توجه به اینکه در این پژوهش از روش پیمایشی برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده شده است از پرسش‌نامه به‌عنوان مناسب‌ترین ابزار جهت کسب اطلاعات استفاده گردیده است. به‌منظور رتبه‌بندی علل بروز خشک‌سالی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی از جدول مقایسه‌های زوجی استفاده شده است. مطابق این جدول به‌منظور تعیین ارجحیت هر عامل به عامل دیگر، عددی بین ۱ تا ۹ اختصاص داده می‌شود که عدد ۱ نشان‌دهنده اهمیت یکسان دو عامل و عدد ۹ نشان‌دهنده ترجیح کامل یک عامل به عامل دیگر است [۲].

اعضای گروه تصمیم‌گیری و خبرگان

به‌منظور تعیین اولویت علل بروز خشک‌سالی از دو گروه

1. Shannon Entropy

وقتی فقط دو گزینه وجود داشته باشد که احتمال وقوع آن‌ها برابر P و $q=1-P$ است، آنگاه اندازه آنتروپی شانون (اطلاعات مورد انتظار) برابر است با:

$$H(P, q) = -P \log_2 P - q \log_2 q \quad (9)$$

بدیهی است به‌ازای $p = q = 1/2$ وجود خواهد داشت.

$$\text{Entropy} = -\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} = 1 \quad (10)$$

مقدار آنتروپی هر صفت خاصه با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$H(C \setminus A_k) = \sum_{j=1}^{M_k} (P(a_{k,j})) [-\sum_{i=1}^N P(C_i \setminus a_{k,j}) \cdot \log_2 P(C_i \setminus a_{k,j})]$$

که در آن $H(C/A_k)$: میزان آنتروپی دسته مربوط به صفت خاصه. $P(a_{k,j})$: احتمال اینکه k امین صفت خاصه در j امین حالت باشد که $M_k, j=1, 2, \dots, M_k$: تعداد کل مقادیر برای k امین صفت خاصه. N : تعداد کل کلاس‌ها (نتایج مختلف). $P(C_i/a_{k,j})$: احتمال اینکه نوع کلاس C_i باشد و صفت خاصه k در j امین مقدار خود باشد. K : تعداد کل صفت خاصه [۱۲]. در شکل (۲) روند انجام تحقیق آورده شده است.

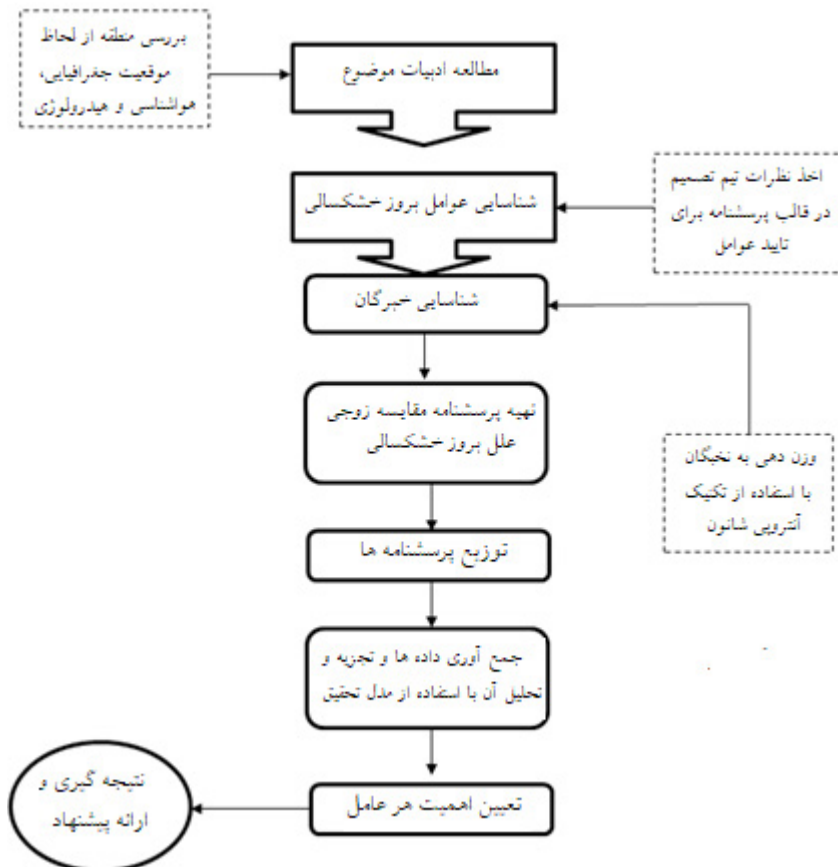
نتایج

تعیین عوامل ایجاد خشک‌سالی

تعیین عوامل مناسب اهمیت به‌سزایی دارد؛ زیرا اگر عوامل ایجاد خشک‌سالی در منطقه مورد بررسی به‌درستی انتخاب نشوند، ممکن است گمراه‌کننده بوده و سازمان‌ها هنگام برنامه‌ریزی جهت کاهش آثار این عوامل با مشکلاتی مواجه شوند. عوامل ایجاد خشک‌سالی بر اساس پیشینه موضوع، مصاحبه‌های ساختار نیافته، نظر اساتید و کارشناسان برای حوزه آبخیز حبله‌رود استان سمنان مورد بررسی قرار گرفت. مجموعه این نظرات، پس از بررسی و همسان‌سازی نظرات در قالب پرسش‌نامه تنظیم گردید و مجدداً در اختیار اعضای گروه قرار داده شد تا مورد تأیید نهایی قرار گیرد. تمامی علل مندرج در این پرسش‌نامه مورد توافق اعضای گروه تصمیم قرار گرفت و سپس این عوامل گروه‌بندی شدند. این عوامل که به دودسته عوامل طبیعی و عوامل انسانی تقسیم می‌شوند (جدول ۳).

تعیین میزان اهمیت نظر هریک از خبرگان

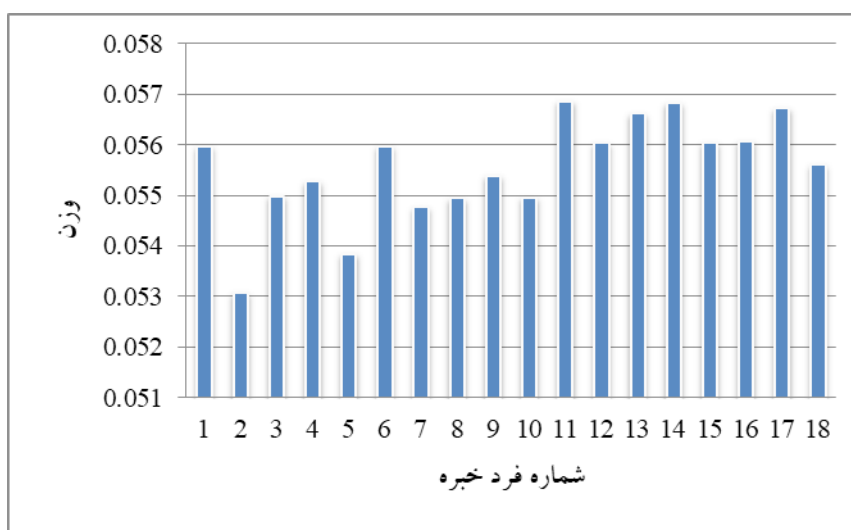
یکی از روش‌های استخراج وزن اهمیت معیارها در تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، آنتروپی شانون می‌باشد. دلیل استفاده از روش آنتروپی برای استخراج میزان اهمیت نظر هریک از خبرگان این است که نظر خبرگان برای علل گوناگون ایجاد خشک‌سالی



شکل ۲: روند نمای فرآیند انجام تحقیق

جدول ۳: عوامل طبیعی و انسانی منتخب مؤثر بر ایجاد خشک‌سالی در حوزه آبخیز حبله‌رود

عوامل طبیعی	عوامل انسانی
۱-افزایش دمای هوا	۱-پایین بودن راندمان آبیاری
۲-خشکی شدید هوا	۲-توسعه بی‌رویه شهرسازی غلط و از بین رفتن مزارع و باغات در منطقه
۳-تغییر اقلیم در منطقه (پیوند از دور و عوامل اقلیمی بزرگ‌مقیاس)	۳-افزایش جمعیت منطقه
۴-کاهش بارندگی	۴-عدم آینده‌نگری و آینده‌پژوهی در اتخاذ تصمیمات مهم
۵-پراکنش نامناسب بارندگی‌ها	۵-تخریب مراتع ناشی از چرای مفرط
۶-تغییر نوع بارندگی	۶-الگوی کشت نامناسب و ناهمگون با منطقه
۷-محدود شدن منابع آب سطحی	۷-عدم مدیریت یکپارچه و کارآمد در بخش آب و کشاورزی و محیط‌زیست
۸-کمبود منابع آب زیرزمینی	۸-روش‌های نامناسب کشاورزی
۹-فرسایش آبی و بادی	۹-تغییرات وسیع در کاربری زمین و در سبک زندگی
۱۰-افزایش مقادیر حدی بارش و سیلاب	۱۰-روش‌های نامناسب آبیاری
۱۱-تغییر نوع بارندگی	۱۱-سهم کم دست اندرکاران مردمی در احیا آب‌وخاک و یا عدم تمایل
	۱۱-پایلوت بودن منطقه
	۱۳-الگوی غلط و نادرست مصرف آب شرب
	۱۴-سیاست‌های منطقه‌ای و ملی



شکل ۳: وزن هریک از خبرگان با استفاده از آنترپی شانون

از طرف متخصصان اقدام می‌شود. در این مرحله، پرسش‌نامه‌ای در اختیار خبرگان قرار داده شد و از خبرگان خواسته شد تا عددی بین ۱ تا ۲۵ به هریک از علل ایجاد خشک‌سالی اختصاص دهند. به مهم‌ترین علت عدد ۲۵ و به کم‌اهمیت‌ترین علت عدد ۱ اختصاص یابد. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده و به‌کارگیری تکنیک آنترپی شانون، وزن هریک از خبرگان تعیین گردید. در جداول (۴) زیر

با یکدیگر تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای دارد؛ بنابراین لازم است این تفاوت‌ها در رتبه‌بندی علل بروز خشک‌سالی منظور گردد. یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه حاوی اطلاعاتی است که آنترپی می‌تواند به‌عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود. برای اینکه بتوان به اجماعی از نظرات متفاوت دست‌یافت ابتدا اهمیت هریک از افراد را مشخص نموده و پس از آن به ترکیب رتبه‌های داده شده

جدول ۴: عدد تخصیص داده شده به هریک از علل بروز خشک‌سالی طبق نظر خبرگان

خبرگان																		علل
۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۱۲	۱۴	۱۱	۱۴	۱۷	۱۲	۱۰	۱۵	۸	۱۴	۱۲	۱۴	۱۲	۱۵	۱۲	۱۲	۱۹	۲۱	افزایش دمای هوا
۱۹	۱۴	۱۵	۱۲	۱۴	۱۸	۱۵	۱۸	۱۲	۱۹	۱۵	۲۱	۲۴	۱۹	۱۵	۱۶	۲۰	۲۱	خشکی شدید هوا
۱۷	۱۳	۱۲	۱۴	۹	۱۲	۹	۱۷	۱۰	۱۵	۱۷	۱۰	۵	۷	۹	۱۱	۱۲	۱۵	تغییر اقلیم در منطقه
۱۹	۲۳	۲۳	۱۶	۱۹	۱۷	۱۲	۱۸	۱۵	۱۹	۱۹	۱۵	۱۴	۲۱	۱۸	۲۰	۲۵	۲۰	کاهش بارندگی
۲۰	۱۷	۲۱	۱۶	۱۷	۲۳	۱۶	۱۶	۱۴	۱۸	۱۹	۱۷	۱۶	۱۷	۲۱	۲۱	۹	۱۹	پراکنش نامناسب بارندگی‌ها
۱۴	۱۵	۱۹	۱۷	۱۵	۲۰	۱۹	۱۳	۱۲	۱۴	۱۴	۲۳	۲۵	۱۹	۱۷	۱۷	۲۳	۱۸	تغییر نوع بارندگی
۱۲	۱۵	۱۱	۱۴	۱۰	۱۸	۵	۱۵	۳	۱۱	۹	۱۲	۵	۸	۹	۴	۳	۱۱	افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل در منطقه
۱۱	۱۳	۹	۱۲	۷	۱۱	۹	۲۰	۲	۱۲	۷	۱۱	۸	۵	۴	۶	۲	۱۱	مقادیر حدی بارش و سیلاب
۲۵	۱۴	۲۴	۲۵	۱۹	۲۳	۱۸	۱۹	۲۲	۱۸	۲۱	۱۸	۱۸	۲۳	۱۶	۱۸	۱۵	۲۴	محدود شدن منابع آب سطحی
۱۶	۹	۱۶	۱۴	۱۸	۹	۱۵	۱۲	۱۳	۹	۳	۱۶	۱۳	۱۶	۱۷	۷	۱۲	۱۲	فرسایش آبی و بادی
۱۵	۱۱	۱۰	۱۳	۱۲	۱۰	۱۱	۱۵	۶	۶	۷	۱۲	۶	۱۱	۱۲	۱۵	۱۴	۱۵	پایین بودن راندمان آبیاری
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۱	۲۳	۲۱	۲۰	۲۲	۲۳	۲۵	۲۳	۱۸	۲۵	۲۴	۲۲	۲۱	۲۵	کمبود منابع آب زیرزمینی
۸	۱۰	۶	۵	۱۱	۹	۹	۱۱	۲	۵	۷	۹	۶	۱	۹	۵	۸	۱۵	توسعه بی‌رویه شهرسازی غلط و از بین رفتن مزارع و باغات در منطقه
۱۱	۶	۹	۷	۷	۹	۶	۱۱	۷	۱	۷	۸	۱۴	۴	۳	۱۵	۶	۸	افزایش جمعیت منطقه
۱۶	۱۴	۱۷	۱۷	۱۸	۱۵	۱۰	۱۵	۱۸	۱۹	۱۱	۱۱	۱۷	۱۶	۱۶	۲۱	۱۹	۲۲	عدم آینده‌نگری و آینده‌پژوهی در اتخاذ تصمیمات مهم
۱۵	۱۲	۱۸	۱۹	۱۶	۱۳	۱۲	۱۸	۱۸	۲۰	۱۲	۱۷	۱۷	۱۴	۱۹	۲۱	۱۴	۲۳	سیاست‌های منطقه‌ای و ملی
۱۲	۱۵	۱۶	۱۷	۱۵	۱۳	۹	۱۱	۱۸	۱۶	۱۲	۶	۱۶	۸	۱۲	۱۳	۱۳	۱۴	الگوی کشت نامناسب و ناهمگون با منطقه (استفاده از گونه‌های گیاهی با نیاز بالای آبی)
۱۷	۱۶	۱۹	۲۰	۱۲	۱۷	۱۹	۱۸	۱۸	۱۷	۱۵	۱۶	۱۸	۲۰	۱۷	۱۹	۱۷	۲۲	عدم مدیریت یکپارچه و کارآمد در بخش آب و کشاورزی و محیط‌زیست
۱۱	۱۰	۶	۱۱	۱۴	۱۳	۷	۱۶	۱۵	۱۲	۱۰	۲	۱۱	۱۳	۱۱	۳	۹	۱۶	روش‌های نامناسب کشاورزی
۱۷	۹	۱۳	۱۲	۱۴	۱۴	۵	۱۲	۱۴	۱۹	۱۴	۹	۲۰	۱۰	۹	۱۲	۵	۷	تغییرات وسیع در کاربری زمین و در سبک زندگی
۲	۱۱	۹	۵	۹	۱۱	۹	۱۰	۱۴	۶	۹	۵	۱۰	۴	۵	۷	۳	۳	تخریب مراتع ناشی از چرای مفرط
۱۵	۹	۱۱	۱۴	۱۶	۱۸	۱۱	۸	۱۲	۱۸	۲	۶	۱۲	۶	۷	۱۰	۲	۵	روش‌های نامناسب آبیاری
۱۶	۱۵	۱۴	۹	۱۵	۱۶	۱۰	۵	۱۱	۱۶	۹	۱۰	۲۱	۱۸	۱۱	۱۴	۶	۱۷	سهم کم دست‌اندرکاران مردمی در احیا آب‌و خاک و یا عدم تمایل آن‌ها
۴	۱۲	۸	۱۱	۱۰	۸	۵	۱۲	۱۰	۳	۵	۱	۱۱	۲	۳	۳	۱	۱۶	پایلوت بودن منطقه
۲	۱۱	۸	۴	۱۲	۹	۹	۱۴	۳	۹	۳	۴	۱۱	۲	۶	۵	۲	۱۰	الگوی غلط و نادرست مصرف آب شرب

نتایج به دست آمده، نشان داده شده‌اند.

با توجه به نتایج به دست آمده وزن به دست آمده از تحلیل آنتروپی شانون از ۰/۰۵۳ تا ۰/۰۵۶۵ در بین خبرگان متفاوت می‌باشد.

تعیین اولویت علل بروز خشک‌سالی طبق نظر هریک از خبرگان به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات و ارزیابی و رتبه‌بندی علل بروز خشک‌سالی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی در این پژوهش از نرم‌افزارهای اکسپرت‌چویس و مطلب استفاده شده است. بدین منظور ابتدا اهمیت و وزن هریک از متخصصان با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون محاسبه گردیده است. سپس، رتبه‌بندی ۲۵ علت خشک‌سالی شناسایی شده، برحسب مدل تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی با استفاده از مقایسه زوجی صورت گرفته است. در این مرحله مقایسات زوجی توسط هرکدام از ۱۸ کارشناس در مورد علل بروز خشک‌سالی در حوضه حبله‌رود استان سمنان صورت گرفته است. در این تحلیل‌ها مقدار نرخ ناسازگاری ماتریس‌های تصمیم‌گیری محاسبه شده و با توجه به آنکه مقدار آن‌ها کوچک‌تر از ۰/۱ به دست آمده است، سازگاری سامانه‌ها مورد تأیید قرار گرفت. در این مرحله نظرات خبرگان با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی و با کمک نرم‌افزار مطلب تلفیق گردیده است. در شکل (۴) تلفیق مقایسه زوجی عوامل طبیعی و انسانی علل بروز خشک‌سالی توسط خبرگان آورده شده است. هم‌چنین در جدول میزان تأثیر

هریک از عوامل بروز خشک‌سالی در خشک‌سالی و تعیین رتبه هریک از عوامل ارائه شده است.

بررسی نتایج رتبه‌بندی عوامل طبیعی بیانگر این است که عوامل کاهش بارندگی (۰/۲۷۹)، محدود شدن منابع آب سطحی (۰/۱۶۳) و کمبود منابع آب زیرزمینی (۰/۱۱۳) در رتبه‌های ۱ تا ۳ اهمیت قرار دارند. به عبارت دیگر محدودیت منابع آب در منطقه مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر خشک‌سالی می‌باشد. از طرف دیگر در این گروه فرسایش آبی و بادی (۰/۰۱۸) و افزایش مقادیر حدی سیلاب و باران (۰/۰۲۱) عواملی با اهمیت کم با رتبه ۱۱ و ۱۰ مشخص شده‌اند. در بین عوامل انسانی مؤثر بر خشک‌سالی عدم مدیریت یکپارچه و کارآمد در بخش آب و کشاورزی و محیط‌زیست (۰/۲۱۲)، سیاست‌های منطقه‌ای و ملی (۰/۱۵۶) و عدم آینده‌نگری و آینده‌پژوهی در اتخاذ تصمیمات مهم (۰/۱۵۳) مهم‌ترین عوامل مؤثر بر خشک‌سالی در منطقه توسط خبرگان معرفی شده‌اند و به نظر می‌رسد در این بخش نقش مدیریت سازمانی، مهم‌ترین عامل در نظر گرفته شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد عوامل پایلوت بودن منطقه (۰/۰۱۹)، الگوی غلط و نادرست مصرف آب شرب (۰/۰۲۲) و توسعه بی‌رویه شهرسازی غلط و از بین رفتن مزارع و باغات در منطقه (۰/۰۲۳) از نظر خبرگان کم‌ترین اهمیت را در بررسی عوامل مؤثر بر خشک‌سالی داشته است.



Inconsistency = 0.03
with 0 missing judgments.

(الف)



Inconsistency = 0.02
with 0 missing judgments.

(ب)

شکل ۴: تلفیق مقایسه زوجی عوامل طبیعی (الف) و عوامل انسانی (ب) علل بروز خشک‌سالی توسط خبرگان

جدول ۵: میزان تأثیر هریک از عوامل بروز خشک‌سالی در خشک‌سالی و تعیین رتبه هریک از عوامل

رتبه	میزان اهمیت	عوامل انسانی	رتبه	میزان اهمیت	عوامل طبیعی
۶	۰/۰۵۸	پایین بودن راندمان آبیاری	۷	۰/۰۴۲	افزایش دمای هوا
۱۲	۰/۰۲۳	توسعه بی‌رویه شهرسازی غلط و از بین رفتن مزارع و باغات در منطقه	۵	۰/۰۹۷	تغییر نوع بارندگی
۱۰	۰/۰۲۵	افزایش جمعیت منطقه	۹	۰/۰۳۳	تغییر اقلیم در منطقه
۳	۰/۱۵۳	عدم آینده‌نگری و آینده‌پژوهی در اتخاذ تصمیمات مهم	۳	۰/۱۱۳	کمبود منابع آب زیرزمینی
۲	۰/۱۵۶	سیاست‌های منطقه‌ای و ملی	۴	۰/۱۱۱	پراکنش نامناسب بارندگی‌ها
۵	۰/۰۷۴	الگوی کشت نامناسب و ناهمگون با منطقه (استفاده از گونه‌های گیاهی با نیاز بالای آبی)	۶	۰/۰۸۷	خشکی شدید هوا
۱	۰/۲۱۲	عدم مدیریت یکپارچه و کارآمد در بخش آب و کشاورزی و محیط‌زیست	۱۰	۰/۰۲۱	افزایش مقادیر حدی بارش و سیلاب
۹	۰/۰۴۴	روش‌های نامناسب کشاورزی	۱۱	۰/۰۱۸	فرسایش آبی و بادی
۷	۰/۰۵۶	تغییرات وسیع در کاربری زمین و در سبک زندگی	۲	۰/۱۶۳	محدود شدن منابع آب سطحی
۱۱	۰/۰۲۴	تخریب مراتع ناشی از چرای مفرط	۸	۰/۰۳۵	افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل در منطقه
۸	۰/۰۴۷	روش‌های نامناسب آبیاری	۱	۰/۲۷۹	کاهش بارندگی
۴	۰/۰۸۶	سهم کم دست‌اندرکاران مردمی در احیا آب‌و‌خاک و یا عدم تمایل آن‌ها			
۱۴	۰/۰۱۹	پایلوت بودن منطقه			
۱۳	۰/۰۲۲	الگوی غلط و نادرست مصرف آب شرب			

بحث و نتیجه‌گیری

بودن منطقه به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین عامل شناسایی‌شده است و این نشان‌دهنده این امر است که با مدیریت صحیح و کارآمد و اجرای سیاست‌های درست در مدیریت آب می‌توان به مقدار زیادی با بحران کمبود آب به وجود آمده مقابله نمود و اهمیت کم پایلوت بودن منطقه نیز حاکی از این امر است که با آزمایش و خطا نمی‌توان به نتیجه مطلوب دست‌یافت و باید اقدامات صحیح از طرف مسئولین در این راستا صورت پذیرد. نقش عوامل اقلیمی خصوصاً بارندگی در خشک‌سالی از جمله عوامل مؤثر خشک‌سالی محسوب می‌شود که همسو با مطالعات بستانی و همکاران [۵] و جایزاتی و همکارانش می‌باشد [۱۴].

در برخی تحقیقات نوع الگوی کشت و تکنیک‌های آبیاری مورد استفاده را در تشدید وقوع خشک‌سالی مهم دانسته‌اند [۷] و در تحقیق انجام‌شده این دو عامل نیز بر وقوع خشک‌سالی مهم ارزیابی شده‌اند. شناخت عوامل مؤثر بر خشک‌سالی نیازمند بررسی شرایط

با توجه به اهمیت حوزه آبخیز حبله‌رود در توسعه اقتصادی اجتماعی شهر گرمسار در استان سمنان و مشکلات ناشی از تنش آب در منطقه به علت خشک‌سالی‌های متعدد، عوامل ایجاد خشک‌سالی در منطقه مورد بررسی تعیین گردیده تا سازمان‌های مرتبط بتوانند جهت کاهش آثار خشک‌سالی برنامه‌ریزی نمایند. برای شناسایی عوامل از پرسش‌نامه استفاده گردید و سپس، عوامل شناسایی‌شده به دودسته عوامل طبیعی و عوامل انسانی تقسیم گردیدند و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی رتبه‌بندی شدند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که در بین عوامل طبیعی، کاهش بارندگی مهم‌ترین عامل و فرسایش آبی و بادی به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین عامل شناسایی‌شده است. همچنین در بین عوامل انسانی، عدم مدیریت یکپارچه و کارآمد در بخش آب و کشاورزی و محیط‌زیست و سیاست‌های منطقه‌ای و ملی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل و پایلوت

and associated mechanisms. *Geomatic Natural Hazard Risk*, 12(1):1638–1668.

10-Herweijer, C., Seager, R., Cook, E.R., and EmileGeay, J. 2013. North American Droughts of the Last Millennium from a Gridded Network of Tree-Ring Data. *Drying Technology*, 31(15): 1-32.

11-Huang, Y.F., Ng, J.L., Fung, K.F., Kok Weng, T., AlDahoul, N., Ahmed, A.N., Sherif, M., Chaplot, B., Chong, K., Elshafie, A. 2023. Space-time heterogeneity of drought characteristics in Sabah and Sarawak, East Malaysia: implications for developing effective drought monitoring and mitigation strategies. *Applied Water Science*, 13, 205

12-Jaafari, B., and Azar, A. 2013. Fuzzy decision tree; A new approach in strategy development, public management research. *Public Management Research*, 6(19): 25-39 (In Persian)

13-Javadinejad, S., Dara, R. and Jafary, F. 2021. Analysis and Prioritization the Effective Factors on increasing farmer's resilience under climate change and drought. *Agriculture Research*, 10: 497–513 (In Persian)

14-Jayanthi, H., Husak, G.J., Funk, C., Magadzire, T., Chavula, A., and Verdin, J.P. 2013. Modeling rain-fed maize vulnerability to droughts using the standardized precipitation index from satellite estimated rainfall—Southern Malawi case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 4: 71-81.

15-Jazi, H., Mansouri, M.R., and Salmani Moghadam, M. 2014. Sustainable management project for soil and water resources of Hableroud (overview of the first phase). Pooneh Publishing, 190pp. (In Persian)

16-Ozelkan, E., Chen, G., and Ustundag, B.B. 2016. Multiscale object-based drought monitoring and comparison in rainfed and irrigated agriculture from Landsat 8 OLI imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 44: 159-170.

17-Pourtaheri, M., Eftekhari, R., and Kazemi, N. 2016. The level and degree of vulnerability caused by drought in rural areas (from the perspective of farmers). *Research on Human Geography*, 48(1):19-31 (In Persian)

18-Raposo, V., Figueiredo Costa, V., and Rodrigues, A.F. 2023. A review of recent developments on drought characterization, propagation, and influential factors, *Science of The Total Environment*, 898, 165550.

مختلف و ارزیابی ریسک آن در جوامع می‌باشد. از طرفی وابستگی یا اندرکنش این فاکتورهای مؤثر نیز می‌تواند تحلیل دقیق‌تری را نسبت به مقوله خشک‌سالی ارائه‌شده است [۸]. همچنین برای ایجاد سامانه‌های هشدار سریع، تکنیک‌های کاهش اثرات خشک‌سالی و خسارات شناخت عوامل مؤثر ضروری است [۹]. نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند برای برنامه‌ریزان و سیاستگذاران منطقه در بخش مدیریت آب سودمند باشد تا برنامه‌های مدیریت منابع آب در این منطقه تحت تأثیر خشک‌سالی از جامعیت بیش‌تری برخوردار باشد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی شرایط اقتصادی و اجتماعی تحت تأثیر خشک‌سالی در منطقه موردبررسی قرار گیرد.

منابع

1-Azar, A., and Rajabzade, A. 2002. *Applied decision making: MADM Approach*. Negahe Danesh Publishings, Tehran (In Persian)

2-Azar, A., and Memarian, A.A. 1994. AHP: A new technique for group decision making. *Management Knowledge*, 27: 22-32 (In Persian)

3-Asgharpour, M.J. 2004. *Multi-criteria decision making*. Tehran University Publications, 44pp (In Persian)

4-Barghi, H., and Meamar Emamie, A.A. 2016. Investigating the effects of drought on the structure of rural economy (case study: Gulab village, Kashan city). *Research and Rural Planning*, 13:137-148 (In Persian)

5-Bostani, A., Najafpour, B., and Javani, Kh. 2016. An analysis on the effects of drought on the instability of rural settlements in Darab city. *Regional Programing*, 6(21):155-166 (In Persian)

6-Carrao, H., Naumann, G., and Barbosa, P. 2016. Mapping global patterns of drought risk: An empirical framework based on sub-national estimates of hazard, exposure and vulnerability. *Global Environmental Change*, 39: 108-124.

7-Gholami, M., Alibaygi, A.H. 2014. Identify Indigenous Ways of Drought Management (City of Sarpol-e-zehab). *Rural Research Quarterly*, 5 (3):35-41.

8-Hedayat, H., and Kaboli, H. 2024. Drought risk assessment: The importance of vulnerability factors interdependencies in regional drought risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 100, 104152.

9-Hina, S., Saleem, F., Arshad, A., Hina, A. and Ullah, I. 2021. Droughts over Pakistan: possible cycles, precursors

- 24- Wilhite, D.A. 2000. Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. In drought: A global assessment, 1, Routledge, Newyork, 1-18.
- 25- Zarei, A., Rezaei, F., and Mohammadi, M. 2021. Investigating the economic and social effects of drought in the rural areas of Bijar city (Cheng Almas section). *Geography and Human Relations*, 4(2):319-335 (In Persian)
- 26- Zarei, S., and Fakheri Fard, A. 2014. Evaluating the time relationship of meteorological and hydrological droughts with the application of genetic programming (GP) and adaptive neural-fuzzy inference system (ANFIS) in Sofichai watershed. *Water Engineering Journal*, 7: 37-50 (In Persian)
- 27- Zahedi, A. 2014. Investigating the effects of drought on the quantity and quality of water resources in Behshahr city. Master's thesis. Shahid Beheshti University. Tehran (In Persian)
- 19-Saadi, H., Kalantari, Kh., and Irvani, H. 2018. Prioritization of the best extension system in water, soil and vegetation protection (desertification): Analysis Hierarchy Process (AHP). *Extension Sciences and Agricultural Education of Iran*, 4(1): 1-13 (In Persian)
- 20-Shafiei, B., Barghi, H., and Ghanbari, Y. 2019. Analysis of factors affecting drought management in rural areas (case study: West Islamabad city). *Natural Geography Research*, 5(3):403-416 (In Persian)
- 21- Shafiei, M., Raeini, M., and Fazl avail, R. 2014. Drought monitoring of Arjan-Parishan plain (Parishan lake study area, Fars province). *Watershed Management*, 5(9): 46-63 (In Persian)
- 22- Thanh, P.N., Le Van, T., Minh, T.T., Ngoc, T.H., Lohpaisankrit, W., Pham, Q.B., Gagnon, A.S., Deb, P., Pham, N.T., and Anh, D.T. 2023 Adapting to climate-change-induced drought stress to improve water management in Southeast Vietnam. *Sustainability* 15(11): 9021.
- 23- Villarreal, M.L., Norman, L.M., Buckley, S., Wallace, C.S.A. and Coe, M.A. 2016. Multi-index time series monitoring of drought and fire effects on desert grasslands. *Remote Sensing of Environment*, 183:186-197.



Abstract

Investigating the Causes of Drought in the Watershed of Hable River in Semnan Province

A. Nadalizadeh¹, M. R. Yazdani^{*2}, A. A. Zolfighari³, M. Mahmoudi⁴ M. Rahimian⁵

Received: 2024/10/19 Accepted: 2024/12/29

Abstract

Drought is one of the natural disasters that has caused a lot of damage in Iran. Considering the importance of the Hable Rood watershed in the development of various activities, especially the agricultural sector, and the adverse effects of drought on this region, in this research, the causes of drought including natural and human factors in the region were investigated and using the Group Analytical Hierarchy Process (GAHP) Factors were ranked. The results obtained from 11 natural factors and 14 selected human factors showed that among natural factors, rainfall reduction is the most important factor and water and wind erosion is the least important factor. Among human factors, the lack of integrated and efficient management in the water sector and agriculture, and regional and national policies have been identified as the most important factors, and piloting the region as the least important factor. The obtained results indicate that the water shortage crisis can be managed better with proper and efficient management and the implementation of correct policies in water management. On the other hand, proper actions should be taken by the authorities in this regard. The obtained results can be used for related organizations to solve the problem of water stress in the studied area.

Keywords: Environmental factors, Group analytical hierarchy, Human factors, Prioritization of factors, Shannon entropy.

-
1. MSc graduated of Agriculture meteorology at Semnan University and Senior expert of Regional Water Company of Semnan , Semnan.
 2. Associate Professor of Combat Desertification Group, Desert Studies College, Semnan University, Semnan,
 - * Corresponding Author: m_yazdani@semnan.ac.ir
 3. Associate Professor of Dry lands ManagmentGroup, Desert Studies College, Semnan University, Semnan.
 4. Senior expert of Regional Water Company of Semnan, Semnan.
 5. Senior expert of Regional Water Company of Semnan, Semnan