

تعیین شدت خشکسالی با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره بر مبنای TOPSIS (مطالعه موردی: ایستگاه‌های منتخب استان اصفهان)

امیرحسین پارسامهر^{۱*} و زهرا خسروانی^۲

۱- نویسنده مسئول، عضو هیئت علمی گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه فسا، ایران، پست الکترونیک: parsamehr@fasau.ac.ir

۲- مدرس، گروه منابع طبیعی دانشگاه فسا، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۵

چکیده

خشکسالی نشانه روشنی از نوسانهای اقلیمی است و تأثیر زیادی بر جوامع بشری دارد. مطالعه وضعیت خشکسالی برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است. شاخص‌های زیادی برای بررسی خشکسالی وجود دارد که اغلب بر مبنای یک پارامتر استوار هستند. یکی از روش‌هایی که از چندین پارامتر استفاده می‌کند، تکنیک اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه حل ایده‌آل (TOPSIS) است. این الگوریتم یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. در این تحقیق با استفاده از تکنیک TOPSIS، خشکسالی مناطق خشک و نیمه‌خشک استان اصفهان تعیین و طبقه‌بندی شد. برای این منظور از چهار عنصر اقلیمی شامل دما، تعداد روز بارانی، بارندگی سالانه و درصد رطوبت نسبی مربوط به دوره آماری ۲۰ ساله (۲۰۱۳-۱۹۹۴) پنج ایستگاه هواشناسی استفاده شد. برای اعتبارسنجی روش پیشنهادی، داده‌های خروجی روش TOPSIS با داده‌های خروجی نمایه دهک‌های بارندگی (DPI)، نمایه درصد نرمال بارندگی (PNPI)، نمایه ناهنجاری‌های بارندگی (RAI) و نمایه بارندگی استاندارد شده (SPI) مقایسه گردید. برای این منظور از ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین مقادیر کمی شده رتبه شدت خشکسالی شاخص و بارندگی سالانه استفاده شد. نتایج نشان داد که در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی بسیار قوی بین رتبه تعیین شده شدت خشکسالی الگوریتم TOPSIS با بارندگی سالیانه در مقایسه با دیگر شاخص‌ها وجود دارد. بنابراین اعتبار مدل مورد تأیید است. به طور کلی نوسان‌های رطوبتی در سطح منطقه مورد مطالعه زیاد است. به بیان دیگر شدت خشکسالی از ایستگاهی به ایستگاه دیگر و از سالی به سال دیگر کاملاً است، به طوری که نایب با ۱۳ سال بیشترین و اصفهان با ۷ سال کمترین تعداد سال همراه با خشکسالی را داشتند. در الگوریتم تاپسیس به دلیل اینکه از پارامترهای بیشتری در مقایسه با روش‌های ساده قبلی استفاده می‌شود، پدیده خشکسالی به مقدار واقعی خود نزدیکتر است. همچنین در این روش یک ارتباط سیستماتیک بین عناصر اقلیمی در یکسال و سال‌های دیگر وجود دارد و با در نظر گرفتن این ارتباط، بررسی خشکسالی و رتبه‌بندی آن انجام می‌شود. در پایان می‌توان بیان کرد که الگوریتم تاپسیس یکی از روش‌های توانمند در تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، تصمیم‌گیری چند معیاره، تاپسیس، رتبه‌بندی، استان اصفهان.

مقدمه

خشکسالی یکی از پدیده‌های طبیعی است که خسارت‌های زیادی را به زندگی انسان و اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌سازد (Piri *et al.*, 2013). نبود تعریفی دقیق و قابل قبول از خشکسالی، به پیچیدگی و سردرگمی این پدیده می‌افزاید (Wilhite & Glantz, 1985). به طور کلی خشکسالی به معنای کمبود آب نسبت به مقدار نرمال است که به صورت دوره‌ای اتفاق افتاده و شدت آن از منطقه‌ای به منطقه دیگر و از سالی به سال دیگر تغییر می‌کند (Bordi *et al.*, 2001). هر چند برای سنجش کمی و کیفی پدیده خشکسالی مدل‌های متفاوتی ارائه شده، اما هنوز مدلی جامع و گویا که همه شرایط را دربرگیرد و جوابگوی نیازها باشد، به معنای واقعی وجود ندارد (Mishra & Singh, 2010).

روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در سال‌های اخیر توانسته است راه‌گشای موقفی در حل بسیاری از مسائل مربوط به پدیده‌های طبیعی از جمله خشکسالی باشد. تصمیم‌گیری چند شاخصه شامل یک سری از تکنیک‌ها از جمله جمع وزندهی یا تحلیل‌های همگرایی است که اجازه می‌دهد طیفی از شاخص‌های وابسته به یک میحث امتیازدهی و بعد به وسیله کارشناسان و گروه‌های ذینفع رتبه‌بندی شوند (Higgs, 2006). از جمله مدل‌های جبرانی در تصمیم‌گیری چند شاخصه برای اولویت‌بندی، روش تاپسیس است. مدل‌های جبرانی مدلی هستند که در آنها ضعف در یک شاخص، با قوت در شاخص دیگر قابل جبران است. در این روش که توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ مطرح شده است، m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و هر مسئله را می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت (Hwang & Yoon, 1981). به سخن دیگر، مفهوم این مدل با توجه به تعریف اولویت‌بندی، انتخاب کوتاه‌ترین فاصله از راه حل ایده‌آل مثبت و دورترین فاصله از راه حل ایده‌آل منفی برای حل مسائلی است که با ضوابط تصمیم‌گیری متعددی روبروست (Zangi Abadi *et al.*, 2011) که ایده‌آل‌های مثبت (بهترین حالت) و ایده‌آل‌های

منفی (بدترین حالت) را برای هر یک از شاخص‌ها محاسبه می‌کند (Hekmatnia & Mousavi, 2011). الگوریتم تاپسیس با استفاده از پارامترهای اقلیمی مختلف و نگرش چند متغیره و چند بعدی به خشکسالی، عمل رتبه‌بندی سال‌های آماری یک ایستگاه را از نظر خشکسالی انجام می‌دهد. هر چند در این مورد تحقیقات گسترده‌ای انجام نشده است، اما در ذیل به چند نمونه از پژوهش‌های انجام شده اشاره می‌شود.

Khosh Akhlagh و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از برخی عناصر اقلیمی و با استفاده از الگوریتم تاپسیس، وقوع خشکسالی‌های رخ داده در چند ایستگاه هواشناسی استان خوزستان را بررسی کردند. آنان همچنین اعتبار مدل را نیز توسط دیگر شاخص‌های خشکسالی کنترل و تأیید کردند. Chong و همکاران (۲۰۱۱) از الگوریتم تاپسیس برای تعیین شدت خشکسالی در شمال چین استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که الگوریتم تاپسیس یک ارزیابی جامع از وضعیت خشکسالی در منطقه مورد مطالعه انجام داده است و خروجی الگوریتم تطابق بالایی با شرایط واقعی دارد. Roshan و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از الگوریتم تاپسیس، وضعیت خشکسالی و شدت آن را در شیراز محاسبه کردند. آنان در این پژوهش از چهار پارامتر هواشناسی استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که الگوریتم تاپسیس نسبت به شاخص‌های ساده خشکسالی که فقط از یک یا دو متغیر استفاده می‌کنند، برتری دارد. Kazemi Rad و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی مشابه، خشکسالی‌های استان گیلان را با استفاده از الگوریتم تاپسیس مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعات نشان داد که الگوریتم تاپسیس از توانایی بالایی برای بررسی و رتبه‌بندی خشکسالی برخوردار است. Babaei و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی خشکسالی حوضه زاینده رود ایران از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷، از الگوریتم تاپسیس و نمایه‌های SPI و PDSI استفاده کردند. نتایج بررسی آنان نشان داد که الگوریتم تاپسیس به عنوان یک روش پیشنهادی در مقایسه با دیگر شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی خشکسالی منطقه

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان با مساحت ۱۰۷۰۲۷ کیلومتر مربع (برابر ۶/۵۷ درصد از مساحت کشور) بین ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی در بخش مرکزی ایران واقع شده است. بدلیل اهمیت رخداد خشکسالی و تأثیر بیشتر این پدیده در مناطق خشک و نیمه‌خشک، پنج ایستگاه سینوپتیک واقع در مناطق خشک و بیابانی نیمه شرقی استان، به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

بسیار مفید واقع شده است. ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه جامع خشکسالی در ایالت شانگسی چین، از روش تاپسیس استفاده کردند. ارزیابی نتایج نشان داد که استفاده از این روش در مقایسه با شاخص‌هایی مانند N و SPI نتایج بهتری را ارائه کرده است.

وقوع خشکسالی غیر قابل اجتناب است. اما آنچه بیش از خشکسالی اهمیت دارد، نحوه مدیریت آن است. از این رو به‌منظور مدیریت بهینه و تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی، مطالعه و بررسی وضعیت خشکسالی ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا هدف از این تحقیق استفاده از الگوریتم

تاپسیس در تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی مناطق خشک و نیمه‌خشک استان اصفهان است تا بتوان عوامل بیشتری را در تعیین خشکسالی دخالت داده و نتایج نزدیک‌تر به واقعیت را به‌دست آورد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در مناطق بیابانی استان اصفهان

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
اردستان	۲۳° ۵۲'	۳۳° ۲۳'	۱۲۵۲
اصفهان	۵۱° ۵۲'	۳۲° ۴۰'	۱۵۴۳
خور و بیابانک	۵۵° ۰۵'	۳۳° ۴۷'	۸۴۵
کاشان	۵۱° ۲۷'	۳۳° ۵۹'	۹۸۲
نائین	۵۳° ۰۵'	۳۲° ۵۱'	۱۵۴۹

روش پژوهش

به‌منظور انجام این پژوهش داده‌های اقلیمی ۲۰ سال اخیر (۲۰۱۳-۱۹۹۴) پنج ایستگاه سینوپتیک واقع در نیمه شرقی استان اصفهان، مورد استفاده قرار گرفت و در عین حال در مورد صحت همگنی (ران تست) و بازسازی داده‌های مذکور (ضریب همبستگی) اقدام‌های لازم بعمل آمد. داده‌های مورد استفاده شامل متوسط دما، مجموع بارش سالانه، درصد رطوبت نسبی و تعداد روزهای بارانی در سال بود که نقش مؤثری در خشکسالی هواشناسی دارند (Khosh Akhlagh et al. 2006). سپس با استفاده از الگوریتم

TOPSIS و نرم‌افزار MATLAB عمل تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی به‌ترتیب زیر انجام شد (Hsu-Shih et al. 2007).

۱- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری: در نخستین گام ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس n شاخص و m گزینه برای هریک از ایستگاه‌های هواشناسی تهیه گردید. این ماتریس‌ها شامل ۴ شاخص R_1 تا R_4 (پارامترهای هواشناسی) و ۲۰ گزینه A_1 تا A_m (تعداد سال‌های آماری) بود. به‌عنوان مثال P_{m4} مقدار کمی چهارمین پارامتر هواشناسی در mامین سال یکی از ایستگاه‌های مورد مطالعه است.

	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}				
A_2	r_{21}	r_{22}	r_{23}	r_{24}	p^{21}	p^{22}	p^{23}	p^{24}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots				
A_m	p_{n1}	p_{n2}	p_{n3}	p_{n4}				

(Huan-Jyh, 2006):

- محاسبه آنتروپی برای بیان مقدار عدم اطمینان توزیع که برای E_j از مجموعه r_{ij} به ازای هر مشخصه چنین خواهد بود:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [r_{ij} \cdot \ln(r_{ij})] : \forall j$$

$$k = \frac{1}{\ln m}$$

- محاسبه عدم اطمینان یا درجه انحراف از اطلاعات ایجاد شده به ازای هر عنصر اقلیمی

$$d_j = 1 - E_j : \forall j$$

- محاسبه وزن برای هر یک از شاخص‌ها

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} : \forall j$$

که در آن W_j وزن شاخص j ام بوده، به طوری که حاصل جمع وزن‌ها برابر با عدد یک است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

۴- ضرب بردار وزن‌ها در ماتریس استاندارد: در این مرحله ماتریس تصمیم‌گیری استاندارد را در ماتریس $n \times n$ وزن شاخص‌ها ضرب کرده که می‌توان ماتریس حاصل را که به ماتریس وزنی معروف است در رابطه زیر ملاحظه کرد:

$$v = R_{20 \times 4} \times W_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{201} & r_{202} & r_{203} & r_{204} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & w_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & w_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & w_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & v_{14} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{201} & v_{202} & v_{203} & v_{204} \end{bmatrix}$$

ماتریس قطری می‌باشد که عناصر روی قطر اصلی آن، همان

۲- استاندارد کردن (بی‌بعد سازی) داده‌ها و تشکیل ماتریس استاندارد: این فرایند سعی می‌کند مقیاس‌های موجود در ماتریس تصمیم را بی‌بعد کند. به این ترتیب که هر یک از مقادیر بر اندازه بردار مربوط به همان شاخص تقسیم می‌شوند. با این کار کبیه اعداد موجود در ماتریس تصمیم‌گیری در بازه قابل قبول یعنی $[0, 1]$ قرار می‌گیرند.

$$r_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (p_{ij})^2}} : \forall i, j$$

که در آن r_{ij} درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری استاندارد و p_{ij} درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری اولیه است.

۳- تعیین بردار وزن شاخص‌ها به روش آنتروپی: تأثیر هر یک از عناصر اقلیمی در میزان خشکسالی یکسان نیست. بنابراین لازم است تا وزن هر یک از این شاخص‌ها تعیین شود. روش‌های زیادی به منظور ارزیابی اوزان برای شاخص‌های موجود یک تصمیم و انتخاب گزینه برتر توسعه یافته‌اند که از این میان می‌توان به روش‌هایی مانند روش آنتروپی، روش کمترین مجذورات وزین شده و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اشاره کرد (Asgharpoor, 2005). آنتروپی معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته، به طوری که این عدم اطمینان، در صورت پخش بودن توزیع، بیشتر از زمانی است که توزیع فراوانی نوک تیزتر است. برای محاسبه وزن شاخص‌ها به روش آنتروپی به ترتیب زیر عمل می‌کنیم

در رابطه بالا R همان ماتریس استاندارد و W یک

همسو شود. بنابراین در این مرحله باید تأثیر روند پارامترهای جوی را یکسان‌سازی کرد. بدین ترتیب پارامترهایی که کاهش آنها در وقوع خشکسالی مؤثر است به‌عنوان شاخص مثبت و پارامترهایی که افزایش آنها در رخداد خشکسالی مؤثر است به‌عنوان شاخص منفی در نظر گرفته می‌شود. در انتخاب سال ایده‌آل این نکته قابل توجه است که این انتخاب نسبی بوده و سالی که از نظر تمام شاخص‌ها از بهترین اولویت برخوردار باشد، وجود ندارد.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} \mid j \in J), (\min v_{ij} \mid j \in J) \mid i = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J), (\max v_{ij} \mid j \in J) \mid i = 1, 2, 3, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

$$C_i = \frac{s_i^-}{(s_i^- + s_i^+)} \quad 0 \leq C_i \leq 1$$

ملاحظه می‌شود که اگر $A_i = A^+$ باشد، آنگاه $C_i = 1$ و اگر $A_i = A^-$ باشد، آنگاه $C_i = 0$ خواهد بود.

۸- رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس میزان C_i : آخرین مرحله در روش تاپسیس، رتبه‌بندی گزینه‌های پیش روی و تعیین بهترین گزینه است. برای این منظور کافی است فاصله نسبی هر گزینه به ترتیب از بزرگ به کوچک مرتب شود. در این حالت گزینه‌ای که دارای بزرگترین فاصله نسبی نسبت به سایر گزینه‌ها باشد، بالاترین رتبه را به خود اختصاص می‌دهد. در این تحقیق هر چه ضریب C_i بیشتر باشد گویای حالت مرطوب‌تر و هر چه مقدار آن کمتر باشد گویای وضعیت خشک‌تر است. در جدول زیر محدوده شدت خشکسالی و ترسالی با استفاده از الگوریتم تاپسیس ارائه شده است.

بردار w می‌باشد.

۵- تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و منفی: در این مرحله با توجه به نوع شاخص و اثرگذاری آن روی هدف تصمیم‌گیری، سال‌های ایده‌آل مثبت و منفی تعیین می‌شود. از نظر کارایی، عناصر اقلیمی در پدیده خشکسالی متفاوت عمل می‌کنند. افزایش برخی پارامترها سبب افزایش خشکسالی و افزایش برخی دیگر سبب کاهش خشکسالی می‌شود. از این رو باید این روند عکس در بین عناصر مؤثر

در این رابطه A^+ بیشترین میزان شاخص‌های مثبت و A^- کمترین میزان شاخص‌های منفی می‌باشد.

۶- تعیین معیار فاصله‌ای برای مقادیر ایده‌آل: در این قسمت فاصله اقلیدسی هر گزینه n بعدی از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی یعنی فاصله گزینه i از گزینه‌های ایده‌آل مثبت و منفی بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه می‌شود:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{ij}^+)^2} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{ij}^-)^2} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

در این رابطه: S_i^+ فاصله سال i ام از ایده‌آل مثبت، S_i^- فاصله سال i ام از ایده‌آل منفی، v_{ij} ارزش عنصر اقلیمی i ام در سال j ام می‌باشد.

۷- تعیین نزدیکی نسبی (C_i) یک گزینه به راه حل ایده‌آل: در این مرحله به کمک فواصل اقلیدسی مثبت و منفی محاسبه شده برای گزینه‌ها و با استفاده از رابطه زیر، فاصله نسبی هر گزینه محاسبه می‌شود:

جدول ۲- محدوده خشکسالی و ترسالی با استفاده از الگوریتم TOPSIS

دامنه تغییرات	طبقات شدت خشکسالی و ترسالی
بیش از ۰/۹	ترسالی بسیار شدید
۰/۸ تا ۰/۹	ترسالی شدید
۰/۷ تا ۰/۸	ترسالی متوسط
۰/۶ تا ۰/۷	ترسالی ضعیف
۰/۴۰ تا ۰/۶۰	نرمال
۰/۳ تا ۰/۴	خشکسالی ضعیف
۰/۲ تا ۰/۳	خشکسالی متوسط
۰/۱ تا ۰/۲	خشکسالی شدید
کمتر از ۰/۱	خشکسالی بسیار شدید

تعیین اعتبار الگوریتم پیشنهادی

برای اعتبارسنجی روش پیشنهادی لازم است نتایج حاصل از این روش با دیگر نمایه‌های معتبر خشکسالی، مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد. در این تحقیق از نمایه دهک‌های بارندگی (DPI)، نمایه درصد نرمال بارندگی (PNPI)، نمایه ناهنجاری‌های بارندگی (RAI) و نمایه بارندگی استاندارد شده (SPI) برای اعتبارسنجی الگوریتم تاپسیس استفاده شد. برای این منظور بعد از محاسبه نمایه‌های خشکسالی و الگوریتم تاپسیس در هریک از سال‌های آماری ایستگاه‌های مورد مطالعه، کیفیت شدت خشکسالی بر اساس طبقات خشکسالی مشخص شد. سپس توصیف کیفی شدت خشکسالی طی دوره آماری کمی گردید. برای این منظور رتبه ۰ تا ۴- برای طبقات نرمال تا خشکسالی بسیار شدید در نظر گرفته شد. سپس ضرایب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین مقادیر کمی شده شاخص‌ها و بارندگی سالانه به تفکیک ایستگاه‌ها تعیین گردید. البته هر چه ضریب رتبه‌ای اسپیرمن به ۱- نزدیک‌تر باشد آن شاخص برای آن ایستگاه کارایی بیشتری دارد. در نهایت

برای انتخاب یک نمایه از مجموع پنج نمایه استفاده شده در منطقه مورد مطالعه، برای هر ایستگاه شاخصی که بیشترین همبستگی را با مقادیر کمی شده نمایه‌ها داشت، بیشترین نمره (۵) و شاخصی که ضریب همبستگی کمتری داشت از ۴ تا ۱ به ترتیب نزولی امتیازدهی شد. با ملاک قرار دادن مجموع نمرات هر نمایه در کل ایستگاه‌ها، نمایه‌ای که بیشترین امتیاز را دارد به‌عنوان کاراترین نمایه شناخته می‌شود (Pari *et al.*, 2015, Parsamehr & Khosravani, 2015, Vafakhah & Rajabi, 2004).

نتایج

در ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری تهیه و یکسان‌سازی عناصر اقلیمی انجام شد. سپس با استفاده از روش آنتروپی، وزن هریک از عناصر اقلیمی برای هریک از ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه مشخص گردید (جدول ۳). با توجه به جدول مشاهده می‌شود که وزن عناصر اقلیمی در ایستگاه‌های مختلف تفاوت‌های اندکی دارند.

جدول ۳- وزن‌های عناصر اقلیمی ایستگاه‌های منتخب استان اصفهان

عناصر اقلیمی ایستگاه	متوسط بارش سالانه	تعداد روز بارانی	متوسط رطوبت نسبی سالانه	متوسط دمای سالانه
اردستان	۰/۲۳۱	۰/۲۵۰	۰/۲۵۲	۰/۲۶۷
اصفهان	۰/۲۳۱	۰/۲۵۲	۰/۲۵۸	۰/۲۵۹
خور و بیابانک	۰/۲۳۴	۰/۲۴۹	۰/۲۵۸	۰/۲۵۸
کاشان	۰/۲۳۶	۰/۲۴۸	۰/۲۶۰	۰/۲۵۶
نابین	۰/۲۳۲	۰/۲۵۰	۰/۲۵۸	۰/۲۶۰

در این مرحله با توجه به نوع پارامتر اقلیمی و اثرگذاری آن روی هدف تصمیم‌گیری (شدت خشکسالی)، ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی تعیین می‌شود. برای پارامترهایی که دارای تأثیرگذاری مثبت بر روی هدف مسئله می‌باشند، ایده‌آل مثبت، بیشترین مقدار آن شاخص خواهد بود. به همین منوال برای شاخص‌هایی که دارای تأثیرگذاری منفی

بر روی هدف مسئله می‌باشند، ایده‌آل مثبت، کمترین مقدار آن شاخص خواهد بود. در هر ایستگاه، ماتریس تصمیم‌گیری بی بعد در بردار وزن ضرب شده و پس از مشخص شدن سال‌های ایده‌آل مثبت و منفی، فاصله هریک از سال‌ها تا سال ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه شد. نتایج بدست آمده در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- فاصله هریک از سال‌های ایستگاه‌های منتخب استان اصفهان تا ایده‌آل مثبت و منفی

	نابین		کاشان		خور و بیابانک		اصفهان		اردستان		
	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۴	۱۹۹۴
	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۱۹۹۵
	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۱۹۹۶
	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۶	۱۹۹۷
	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۱۹۹۸
	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۱	۱۹۹۹
	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۶	۲۰۰۰
	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۲۰۰۱
	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۲۰۰۲
	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۴	۲۰۰۳
	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۶	۲۰۰۴
	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۵	۲۰۰۵
	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۵	۲۰۰۶
	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۳	۲۰۰۷
	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۵	۲۰۰۸
	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۲	۲۰۰۹
	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۲۰۱۰
	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۲	۲۰۱۱
	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۲	۲۰۱۲
	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۶	۲۰۱۳

در نهایت بعد از تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه حل ایده‌آل (جدول ۵)، با توجه به جدول ۲ شدت خشکسالی و ترسالی در هر ایستگاه و در هر سال آماری محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۵- مقادیر محاسبه شده G_i برای سال‌های مختلف ایستگاه‌های منتخب استان اصفهان

سال	اردستان	اصفهان	خور و بیابانک	کاشان	نائین
۱۹۹۴	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۷۳	۰/۱۷	۰/۳۴
۱۹۹۵	۰/۶۰	۰/۵۱	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۵۱
۱۹۹۶	۰/۴۲	۰/۵۰	۰/۷۶	۰/۴۵	۰/۲۷
۱۹۹۷	۰/۲۰	۰/۷۶	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۴۸
۱۹۹۸	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۱۱	۰/۸۷
۱۹۹۹	۰/۸۳	۰/۶۱	۰/۷۶	۰/۸۹	۰/۲۷
۲۰۰۰	۰/۲۴	۰/۴۶	۰/۱۲	۰/۲۲	۰/۳۵
۲۰۰۱	۰/۳۹	۰/۵۴	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۶۵
۲۰۰۲	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۶۷	۰/۴۷	۰/۱۱
۲۰۰۳	۰/۴۳	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۰۸
۲۰۰۴	۰/۱۵	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۲۲
۲۰۰۵	۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۴۸	۰/۵۴	۰/۰۹
۲۰۰۶	۰/۳۴	۰/۴۱	۰/۵۴	۰/۴۱	۰/۳۵
۲۰۰۷	۰/۵۲	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۳۷	۰/۲۵
۲۰۰۸	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۵۳
۲۰۰۹	۰/۶۷	۰/۸۳	۰/۵۱	۰/۳۰	۰/۶۳
۲۰۱۰	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۳۹	۰/۲۱	۰/۲۹
۲۰۱۱	۰/۷۰	۰/۱۷	۰/۴۲	۰/۲۷	۰/۴۴
۲۰۱۲	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۴۷	۰/۵۰	۰/۱۶
۲۰۱۳	۰/۱۹	۰/۳۶	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۱

مثبت کمتر و فاصله از ایده‌آل منفی بیشتر باشد مقدار G_i بیشتر و شدت ترسالی بیشتر می‌شود.

هر چه فاصله از ایده‌آل مثبت بیشتر و فاصله از ایده‌آل منفی کمتر باشد مقدار G_i محاسبه شده کمتر و شدت خشکسالی بیشتر می‌شود. همچنین هرچه فاصله از ایده‌آل

جدول ۶- تعیین وضعیت خشکسالی و ترسالی برای سال‌های مختلف ایستگاه‌های منتخب استان اصفهان

سال	اردستان	اصفهان	خور و بیابانک	کاشان	نائین
۱۹۹۴	نرمال	خشکسالی متوسط	ترسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف
۱۹۹۵	نرمال	نرمال	ترسالی ضعیف	ترسالی ضعیف	نرمال
۱۹۹۶	نرمال	نرمال	ترسالی متوسط	نرمال	خشکسالی متوسط
۱۹۹۷	خشکسالی شدید	ترسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	نرمال
۱۹۹۸	خشکسالی ضعیف	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	ترسالی شدید
۱۹۹۹	ترسالی شدید	ترسالی ضعیف	ترسالی متوسط	ترسالی شدید	خشکسالی متوسط
۲۰۰۰	خشکسالی متوسط	نرمال	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی ضعیف
۲۰۰۱	خشکسالی ضعیف	نرمال	نرمال	نرمال	ترسالی ضعیف
۲۰۰۲	نرمال	نرمال	ترسالی ضعیف	نرمال	خشکسالی شدید
۲۰۰۳	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی بسیار شدید
۲۰۰۴	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط
۲۰۰۵	خشکسالی ضعیف	خشکسالی ضعیف	نرمال	نرمال	خشکسالی بسیار شدید
۲۰۰۶	خشکسالی ضعیف	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی ضعیف
۲۰۰۷	نرمال	ترسالی متوسط	ترسالی شدید	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط
۲۰۰۸	خشکسالی ضعیف	خشکسالی ضعیف	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی متوسط	نرمال
۲۰۰۹	ترسالی ضعیف	ترسالی شدید	نرمال	خشکسالی متوسط	ترسالی ضعیف
۲۰۱۰	نرمال	ترسالی ضعیف	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط
۲۰۱۱	ترسالی ضعیف	خشکسالی شدید	نرمال	خشکسالی متوسط	نرمال
۲۰۱۲	ترسالی متوسط	ترسالی ضعیف	نرمال	نرمال	خشکسالی شدید
۲۰۱۳	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید

تعیین اعتبار الگوریتم پیشنهادی

به منظور بررسی کارایی الگوریتم تاپسیس در تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی، این الگوریتم با نمایه‌های خشکسالی DPI، PNPI، RAI و SPI و با توجه به مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن مقایسه شد (جدول ۷). نتایج نشان داد

که در تمام ایستگاه‌ها بین رتبه تعیین شده شدت خشکسالی الگوریتم تاپسیس با بارندگی سالانه همبستگی رتبه‌ای بالایی وجود دارد و الگوریتم تاپسیس به عنوان کاراترین نمایه در بیشتر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه قابلیت تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی‌های هواشناسی را دارد.

جدول ۷- ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین مقادیر کمی شده نمایه‌های خشکسالی و بارندگی

نام ایستگاه	DPI	PNPI	RAI	SPI	TOPSIS
اردستان	-۰/۸۱۶	-۰/۶۹۸	-۰/۸۶۳	-۰/۷۱۳	-۰/۸۷۷
اصفهان	-۰/۸۴۳	-۰/۶۹۷	-۰/۸۶۶	-۰/۷۱۳	-۰/۸۵۲
خور و بیابانک	-۰/۸۶۶	-۰/۸۰۶	-۰/۸۰۸	-۰/۸۲۲	-۰/۹۳۷
کاشان	-۰/۸۲۳	-۰/۷۸۷	-۰/۸۳۸	-۰/۸۱۷	-۰/۸۷۴
نائین	-۰/۷۴۱	-۰/۷۹۵	-۰/۸۴۰	-۰/۸۴۶	-۰/۸۶۲

همچنین نتایج حاصل از بررسی انتخاب تنها یک نمایه خشکسالی در منطقه مورد مطالعه در جدول شماره ۸ آمده است. با توجه به نتایج جدول، الگوریتم تاپسیس با مجموع ۲۴ امتیاز به عنوان بهترین شاخص در منطقه مورد مطالعه معرفی شد. نمایه‌های RAI، DPI و SPI به ترتیب با مجموع

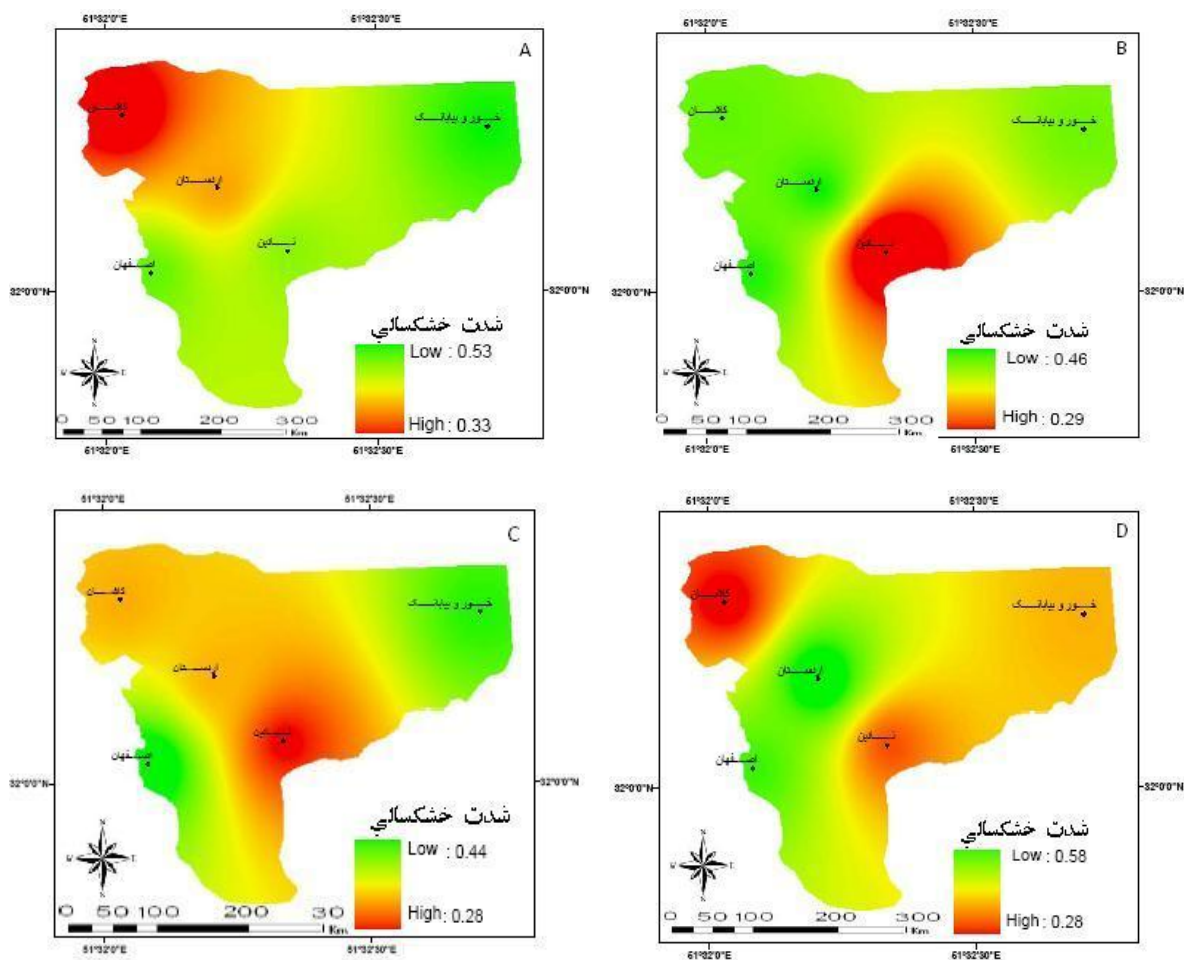
۱۸، ۱۴ و ۱۳ امتیاز در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند و نمایه PNPI با ۶ امتیاز به عنوان نامناسب‌ترین شاخص معرفی شد. بنابراین در مجموع می‌توان بیان کرد که الگوریتم تاپسیس کارایی لازم را برای تعیین شدت خشکسالی در منطقه مورد مطالعه دارد.

جدول ۸- مجموع امتیازات هر شاخص در هریک از ایستگاه‌ها و رتبه‌بندی آنها بر اساس ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن

نام ایستگاه	DPI	PNPI	RAI	SPI	TOPSIS
اردستان	۳	۱	۴	۲	۵
اصفهان	۳	۱	۵	۲	۴
خور و بیابانک	۴	۱	۲	۳	۵
کاشان	۳	۱	۴	۲	۵
نائین	۱	۲	۳	۴	۵
مجموع امتیاز	۱۴	۶	۱۸	۱۳	۲۴
رتبه کارایی نمایه	۳	۵	۲	۴	۱

در نهایت با روش درون‌یابی IDW و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3، عمل پهنه‌بندی خشکسالی محدود شده.

مورد مطالعه برای چهار دوره پنج‌ساله به صورت مجزا انجام شد.



شکل ۱- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی میانگین دوره اول ۱۹۹۴-۱۹۹۹ (A)، دوره دوم ۲۰۰۴-۱۹۹۹ (B)، دوره سوم ۲۰۰۴-۲۰۰۹ (C) و دوره چهارم ۲۰۰۹-۲۰۱۴ (D)

بحث

در این تحقیق با استفاده از الگوریتم تاپسیس و چهار پارامتر اقلیمی، شدت خشکسالی و رتبه‌بندی آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک استان اصفهان، در یک دوره آماری ۲۰ ساله محاسبه شد. عناصر اقلیمی شامل متوسط بارندگی سالانه، تعداد روزهای بارانی، درصد رطوبت نسبی و متوسط دمای سالانه بود که در رخداد پدیده خشکسالی تأثیر فراوان دارند.

همان‌گونه که در جدول شماره ۶ مشخص است، شدت خشکسالی از سالی به سال دیگر و از ایستگاهی به ایستگاه دیگر کاملاً مستقل است. در ۲۰ تا ۳۵ درصد سال‌ها

ایستگاه‌ها در وضعیت نرمال به سر می‌برند که سهم ایستگاه‌های اردستان و اصفهان هفت سال، ایستگاه‌های خور و بیابانک و کاشان شش سال و ایستگاه نایین چهار سال بود. ۳۵ تا ۶۵ درصد سال‌های آماری، ایستگاه‌ها وضعیت خشکسالی را داشتند که از این میان ایستگاه نایین با ۱۳ سال بیشترین و اصفهان با هفت سال کمترین تعداد سال همراه با خشکسالی را داشته‌اند. در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۱۳ تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه در وضعیت خشکسالی قرار داشتند. بیشترین طول دوره خشکسالی با تداوم شش سال در ایستگاه نایین اتفاق افتاده که از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ ادامه داشت. همچنین تداوم خشکسالی پنج‌ساله در

پوشش گیاهی مراتع و ... برای تعیین خشکسالی‌های هیدرولوژیک و کشاورزی استفاده شود تا بتوان به یک الگوی پایدار و نزدیک به واقعیت در هر منطقه دست یافت.

منابع مورد استفاده

- Asgharpoor, M. J., 2005. Multi criteria decision making. University of Tehran Press, Tehran, 237p.
- Babaei, H., Araghinejad, S. H. and Hoorfar, A., 20013. Developing a new method for spatial assessment of drought vulnerability (case study: Zayandeh Rood river basin in Iran). *Water and Environment Journal*, 27(1): 50-57.
- Bordi, I., Frigio, S., Parenti, P., Speranza, A. and Sutera, A., 2001. The analysis of the standardized precipitation index in the Mediterranean area: large scale patterns. *Annals of Geophysical*, 44: 965-978.
- Fang, C., Chao, S. and Huang, W., 2011. Application of TOPSIS method based on coefficient of entropy to comprehensive evaluation of agricultural drought in irrigation areas. *China Rural Water and Hydropower*, 5: 74-79.
- Hekmatnia, H. and Mousavi, M., 2011. Application of Model in Geography with Emphasis on Urban Planning. *Elme novin Press*, Yazd, 320p.
- Higgs, G., 2006. Integrating multi criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation. *Management and Research*, 24: 105-117.
- Huan-Jyh, S., 2006. COTS evaluation using modified TOPSIS and ANP. *Applied Math Emetics and Computation*, 177(1):251-259.
- Hsu-Shin, S., Huan-Jyh, S. and Stanley, L. E., 2007. An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7): 801-813.
- Hwang CL, Yoon K, 1981. Multiple attribute decision making methods and applications, A state of the art survey, Springer- Verlag, New York.
- Kazemi Rad, L., Ghamgosar, M. and Haghyghy, M., 2012. Multi criteria decision making based on TOPSIS method in drought zoning: A case study of Gilan province. *World Applied Programming*, 2(25): 81-87.
- Khoshakhlagh, F., Hejazizadeh, Z., Mohammadi, H. and Roshan, Gh., 2006. A new approach to technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method for determining and ranking drought: A case study of selective Khuzestan Province stations, *Geographical Science*, 5(6): 105-127.
- Mishra, A. K. and Singh, V. P., 2010. A review of drought concept. *Journal of Hydrology*, 39:202-216.

ایستگاه کاشان نیز از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ اتفاق افتاده است. در بقیه ایستگاه‌ها تداوم خشکسالی زیاد نبوده و بعد از یک یا دو سال، خشکسالی توسط یکسال نرمال یا ترسال قطع شده است. با توجه به نقشه‌های شدت خشکسالی، شهرهای نایین و کاشان، جزء شهرهایی هستند که تقریباً در تمام دوره‌ها دچار خشکسالی شدید شده‌اند. شهر اصفهان در مقایسه با دیگر شهرها دارای وضعیت نرمال است. همچنین در دهه اخیر (دوره سوم و چهارم) شدت و وسعت خشکسالی در مقایسه با دوره‌های قبل قوت گرفته است.

با توجه به اعتبارسنجی روش تاپسیس و مقایسه نتایج آن با نتایج دیگر شاخص‌های معتبر خشکسالی دیگر، می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه مورد مطالعه روش تاپسیس نسبت به روش‌ها و شاخص‌های ساده که معمولاً از یک یا دو متغیر اقلیمی استفاده می‌کنند، برتری دارد. به عبارت دیگر استفاده از روش تاپسیس و کاربرد پارامترهای اقلیمی بیشتر نتایج را با دقت بیشتری ارزیابی خواهد کرد. همکاران Khosh Akhlagh و همکاران (۲۰۰۶) و Kazemi Rad و همکاران (۲۰۱۲) بیان می‌کنند در صورتی که محاسبات مربوط به الگوریتم تاپسیس از دقت کافی برخوردار باشند، روش مذکور نسبت به دیگر شاخص‌های محاسبه خشکسالی برتری دارد. Roshan و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مقایسه الگوریتم تاپسیس با شاخص‌های RAI, DPI, PCI و SIAP اذعان کردند که الگوریتم تاپسیس از توانایی بالایی در بررسی و رتبه‌بندی خشکسالی نسبت به دیگر شاخص‌ها برخوردار است. در استفاده از الگوریتم تاپسیس یک ارتباط سیستماتیک بین عناصر اقلیمی در سال‌های مختلف وجود دارد که با در نظر گرفتن این ارتباط، بررسی خشکسالی و ترسالی و همچنین رتبه‌بندی آن انجام می‌شود، در صورتی که در روش‌های قبلی (شاخص‌های خشکسالی) هر سال به طور مجزا در نظر گرفته می‌شود.

در پایان ضمن تأکید بر کارایی بالای الگوریتم تاپسیس در تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی پیشنهاد می‌شود برای بررسی دقیق‌تر موضوع خشکسالی، از پارامترهای دیگری مانند دبی‌های سالانه، بیلان آبی و میزان تولید سالانه

- Sciences, 7(23): 2994-3008.
- Vafakhah, M. and Rajabi, M., 2006. Efficiency of meteorological drought indices for monitoring and assessment of drought in Bakhtegan, Tashk and Maharlo lakes watershed. *Desert.*, 10(2): 369-382.
- Wilhite, D. A. and Glantz, M. H., 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10(3): 111-120.
- Zangi Abadi, A., Alizadeh, J. and Ahmadian, M., 2011. Analysis of the amount of development of East Azerbaijan Province using TOPSIS and AHP. *Quarterly Journal of Human Geography*, 4(1): 69-84.
- Zhang, X. h., Sheng, B. and Yong x., 2015. Comprehensive evaluation model of drought in the Yellow River of Shaanxi province based on TOPSIS method. *Sought to North Water Transfers and Water Science & Technology*, 13(2):211-213.
- Parsamehr, A. H. and Khosravani, Z., 2015. Performance evaluation of some drought indices and selection of the most suitable index for monitoring of drought in Tehran. *International conference on sustainable development, strategies and challenges With a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism*, 24-26 Feb 2015, Tabriz , Iran.
- Piri, H., Rahdari, V. and Maleki, S., 2013. Study and compare performance of four meteorological drought index in the risk management droughts in Sistan and Baluchestan Province. *Journal of Irrigation and water Engineering*, 11: 96-114.
- Roshan, Gh., Mirkatouli, G. and Shakoob, A., 2012. A new approach to technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method for determining and ranking drought: A case study of Shiraz station, *International Journal of the Physical*

Determining drought severity using multi-criteria decision-making based on TOPSIS method (Case study: selective stations of Isfahan Province)

A. H. Parsamehr^{1*} and Z. Khosravani²

1*-Corresponding author, Department of Range and Watershed Management, College of Agriculture, Fasa University, Iran, Email: parsamehr@fasau.ac.ir

2- Instructor, Department of Range and Watershed Management, College of Agriculture, Fasa University, Iran

Received:3/15/2015

Accepted:9/6/2015

Abstract

This research was aimed to classify the drought in arid and semi arid regions of Isfahan province using TOPSIS technique. Four climatic elements including temperature, number of rainy days, annual rainfall and relative humidity were used for five meteorological stations during the 20-year period (1994-2013). For validation of the proposed method, the output of TOPSIS method was compared with the output of DPI, PNPI, RAI and SPI. For this purpose, Spearman's rank correlation coefficient was used between the quantified values of drought severity index and annual rainfall. The results showed that there was a strong correlation between the drought severity index and annual rainfall in the TOPSIS algorithm in all studied stations. Therefore, the validity of the model was approved. Generally, moisture fluctuations are high in the study area. In other words, drought is completely independent from station to station and from year to year, so that Nain and Isfahan had the highest (13 years) and lowest (7 years) number of drought years, respectively. In the TOPSIS algorithm, drought is closer to its real value since more parameters are used compared with previous simple methods. In this method, there is a systematic relationship between climatic elements in a year and other years, through which evaluation and ranking of drought is carried out. Finally, it could be concluded that the TOPSIS algorithm is a method capable of determining and ranking drought.

Keywords: Drought, MCDM, TOPSIS, ranking, Isfahan Province.