# رویکردی از روش TOPSIS[1]، در تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی

## (مطالعه موردی: پهنه‌بندی خشکسالی چند ایستگاه استان خوزستان)

**فرامرز خوش‌اخلاق، استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران**
**زهرا حجازی‌زاده، دانشیار دانشگاه تربیت معلم**
**حسین محمدی، دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران**
**غلامرضا روشن، کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران**

## چکیده:

در این پژوهش با استفاده از شاخص TOPSIS، و با استفاده از چهار عنصرجوی بارش، دما، نم نسبی و تعداد روزهای بارش، خشکسالی‌های رخ داده درچند ایستگاه همدیدی استان خوزستان، برای دوره آماری ۱۸ ساله ( ۲۰۰۳-۱۹۸۶) تعیین و رتبه‌بندی و نهایتاً پهنه‌بندی شده است. در روش TOPSIS، برای رتبه‌بندی دقیق‌تر، از عناصر آب و هوایی بیشتری نسبت به روش‌های‌معمول رایج وبانگرش سازوکاری وبرهمکنشی (سیستماتیک)، استفاده می‌شود. در نهایت جهت اعتبارسنجی روش پیشنهادی، داده‌های خروجی آن با خروجی روش [5] SIAP برای تعداد زیادی از ایستگاه‌های کشور موردمقایسه قرارگرفته که نتایج حاصله گویای اعتبار کافی روش TOPSISمی‌باشد، به طوری که همبستگی خروجی‌های مذکور برای ایستگاه‌های استان خوزستان، مقداری بالا $r = /9$ را نشان می‌دهد.

**واژگان کلیدی:** خشکسالی آب و هوایی، روش TOPSIS، روش SIAP، رتبه‌بندی، استان خوزستان

---

1 -Technique for order-prefrence by similarity to ideal solution Standard Index of Annul Precipitation

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

**مقدمه:**

خشکسالی به عنوان یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی، در شکل کمبود بارش و افزایش دما، بازده فعالیت‌های بشر را در زمینه‌های گوناگون اجتماعی- اقتصادی و فرهنگی با رکود حتی مواجه می‌نماید. تفاوت بارزی بین خشکی و خشکسالی وجود دارد. خشکی، ویژگی در منطقه است که عدم‌کفایت مقدار بارندگی که دائمی است. در مقابل، خشکسالی ویژگی موقتی هواشناسی یک منطقه به شمار رفته و صرفاً هنگامی که مقدار بارندگی زیر نرمال باشد اتفاق می‌افتد (NDMC,1995 ). درجه تاثیرگذاری، رخداد خشکسالی در دوره‌های زمانی مختلف برای یک منطقه خاص یکسان نمی‌باشد. به طوری که در بعضی از دوره‌ها از شدت بیشتر و در دوره‌های دیگر، از شدت کمتری برخوردار است. بنابراین، با تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی برای یک دوره آماری برای یک ایستگاه می‌توان، نوسانات آب و هوایی ایستگاه هواشناسی موردنظر را برای سال‌های مختلف شناسایی نمود (الاپیدا:۱۹۸۵). به طوری که، اگر شاخص‌های محاسبه شده دارای روند کاهشی (افزایشی) باشد، این وضعیت نشان‌دهنده گرایش، به سوی آب وهوای گرم و خشک (سرد و مرطوب) می‌باشد. در تلاش برای تعریف دقیق و ارزیابی خشکسالی، نمایه‌ها و مدل‌های متنوعی ارایه گردیده است. به عنوان مثال می‌توان از شاخص خشکسالی بالم[1] و مولی[2] ( BMDI)[3] نام برد. این شاخص به صورت $Mi=(p_i-\bar{p})\times 100/sd$ ارائه گردیده است. در این شاخص از مقدار بارش وانحراف معیارآن، استفاده شده است (بالم، مولی:۱۹۸۰ ). از دیگر روش‌های

1 –Bahlme
2- Mooley
3 - Bahime and Mooley Drought Index

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

محاسبه خشکسالی می‌توان به روش درصد بارش نرمال[۱] (PNPI) اشاره نمود. در این روش نیز، متغییر اصلی بارش می‌باشد (مسکی، دویسکن و کلیست : ۱۹۹۳ ). درادامه می‌توان از روش نمایه بارندگی استانداردشده (SPI) نام برد.[۲] SPI، صرفاً از داده‌های بارندگی ماهانه استفاده می‌نماید و برای تشخیص کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی چندگانه (۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماه) طراحی شده است (بی یان : ۱۹۹۸ ). آلگوریتم Topsis با استفاده از پارامترهای اقلیمی مختلف و نگرش چندمتغیره و چندبعدی به خشکسالی، عمل رتبه‌بندی سال‌های آماری یک ایستگاه را از نظر خشکسالی انجام می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است، هرسیستم از یکسری اجزاء (سال‌ها) تشکیل شده، که این اجزاء با یکدیگر در ارتباط بوده و بر هم تاثیر می‌گذارند و با توجه به این برهمکنش بین اجزاء است که رتبه خشکسالی هرسال محاسبه می‌شود. روش Topsis از جمله رویکردهای جبرانی در دسته‌بندی مدل‌های چندمعیاره می‌باشد. مدل‌های جبرانی، مدل‌هایی هستند که در آنها ضعف (کمبود) در یک شاخص، با قوت( فزونی)، در شاخص دیگر قابـل‌جبـران است، بـه عبارت دیگر شاخص‌ها با هم همبستگی دارند. روش ( Topsis) برای اولین بار در جنگ جهانی دوم برای رتبه‌بندی در اولویت دادن به انهدام اهداف دشمن مورداستفاده قرار گرفت. از جمله مهم‌ترین کارهای انجام گرفته درزمینه رتبه‌بندی‌کردن، می‌توان‌به بحث تحلیل پوششی داده‌ها اشاره نمود که این بحث به موضوع رساله دکتری رادس[۳] با راهنمایی آقای کوپر[۴] برمی‌گردد، که در آن عملکرد مدارس دولتی ایالات متحده آمریکا را موردارزیابی قرار داد. این

1– Percent of Normal Precipitation Index

2 – Standardized Precipitation Index

3- Rhodes

4- Cooper

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

مطالعه منجر به چاپ اولین مقاله درباره معرفی تحلیل پوششی داده‌ها در ۱۹۸۷ گردید. این روش که عمدتاً به عنوان یک روش اندازه‌گیری کارایی[1] در جهان شناخته شده است در حین اندازه‌گیری کارایی، نوع بازده نسبت به مقیاس[2] را نیز ارایه می‌نماید(بانکر، موری-۱۹۸۶: ۵۱۵). هدف از انجام پژوهش حاضر این است، که آیا می‌توان از روش TOPSIS علاوه بر کاربردهای قبلی آن در زمینه‌های نظامی و نیز در کاربرد جدید آن در زمینه‌های مهندسی سیستم‌های اقتصادی-اجتماعی، در زمینه تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی نیز استفاده نمود.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش با استفاده از روش Topsis، عمل تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی انجام شده است. سال با علامت $A_i$ مشخص گردیده و شاخص‌ها که به عنوان پارامترهای آب و هوایی مشخص می‌شوند، با استفاده از علامت $R_i$ نشان داده شده است. در این روش از چهار پارامتر جوی یک ایستگاه در سال‌های مختلف، استفاده می‌شود، که عبارتند از، بارش، دما، رطوبت نسبی و تعداد روزهای بارش که به صورت زیر نشان داده شده‌اند:

$R_1$ = میانگین دمای سالانه

$R_2$ = درصد رطوبت نسبی

$R_3$ = تعداد روزهای بارانی

$R_4$ = مجموع بارش سالانه

1- Efficiency

2- Return to scale

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

## ۱- مراحل محاسبات و تعیین اوزان فراسنج‌ها:

همان‌گونه که مشخص است، سهم، هریک از پارامترهای جوی در میزان خشکسالی متفاوت بوده، و از این‌رو لازم است تا وزن هر یک از عناصر در میزان خشکسالی معین شود، پس وزن هریک از شاخص‌ها به صورت مجموع یک بردار $W = (w_{1,} + w_2 .....w_4)$ بدست خواهد آمد، که در آن $W_i$ وزن شاخص i ام بوده، به طوری که حاصل جمع $W_1$ تا $W_4$ برابر با عدد یک است که بصورت زیر تعریف می‌شود:

$W_{1+.....} W_4 =$ ۱

$$\sum_{i=1}^{4} w_i = 1$$

در ادامه برای تعیین اوزان هریک ازپارامترها می‌توان ازروش‌های زیر استفاده نمود:

### الف)-روش آنتروپی

آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیک، علوم اجتماعی، و تئوری اطلاعات می‌باشد، به طوری که نشان‌دهنده مقدار عدم‌اطمینان موجود از محتوای موردانتظار اطلاعاتی از یک پیام است. به بیان دیگر، آنتروپی در تئوری اطلاعات، معیاری است برای مقدار عدم‌اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته ( $p_i$ ) به طوری که این عدم‌اطمینان، در صورت پخش‌بودن توزیع، بیشتر از زمانی است که توزیع فراوانی تیزتر(متراکم‌تر) باشد. این عدم‌اطمینان به صورت ذیل تشریح می‌شود ( ابتدا ارزشی با نماد $E$ محاسبه می‌شود):

عبارت (۱)

در عبارت (۱) $k$ ثابتی مثبت است که برای تامین $0 \le E \le 1$ می‌باشد.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

مقدار $E$ از توزیع احتمال $p_i$ بوده و به روش آماری محاسبه شده است و مقدار آن در صورت تساوی $p_i$ ها با یکدیگر( یعنی $(p_i = 1/n)$ بیشینه مقدار را به صورت زیر بدست خواهد داد:

عبارت(۲)

$$\left\{\frac{1}{n}\ln\frac{1}{n}+\frac{1}{n}\ln\frac{1}{n}+.....\frac{1}{n}\ln\frac{1}{n}\right\}=-k\left\{(\ln\frac{1}{n})(\frac{n}{n})\right\}=-k\ln\frac{1}{n}$$

$$-k\sum_{i=1}^{n} pi.\ln pi=-k$$

یک ماتریس تصمیم‌گیری حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن بکار رود. یک ماتریس تصمیم‌گیری بصورت زیر درنظر گرفته می‌شود ( **اینگ، و دیگران-۲۰۰۰):**

| | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | $R_4$ |
|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | $r_{11}$ | $r_{12}$ | $r_{13}$ | $r_{14}$ |
| $A_2$ | $r_{21}$ | $r_{22}$ | $r_{23}$ | $r_{24}$ |
| . | . | | | |
| . | . | | | |
| . | . | | | |
| $A_m$ | $r_{m1}$ | $r_{m2}$ | $r_{m3}$ | $r_{m4}$ |

محتوی اطلاعاتی موجود از این ماتریس ابتدا به صورت $(p_{ij})$ و به شکل زیر محاسبه می‌شود.

عبارت (۳)

$$p_{ij}=\frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}: \quad \forall i,\ j$$

و برای $E_j$ از مجموعه $p_{ij}$ ها به ازای هر مشخصه چنین خواهد بود:

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

عبارت(۴)
$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} \left[ p_{ij} . \ln p_{ij} \right] : \ \forall j$$

به طوری که $k = \frac{1}{\ln m}$ است.

اینک عدم‌اطمینان یا درجه اطمینان $(d_j)$ از اطلاعات ایجاد شده به ازای شاخص $j$ام بدین‌قرار است:

عبارت (۵)
$$d_j = 1 - E_j : \ \forall j$$

و سرانجام برای اوزان $(w_j)$ از شاخص‌های موجود چنین خواهد بود:

عبارت (۶)
$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} : \forall \ j$$

**ب)تعیین اوزان توسط کارشناس**

در این مرحله پس از بررسی و تحلیل داده‌های اقلیمی تعداد زیادی از ایستگاه‌های هواشناسی در سطح کشور، با توجه به خروجی روش آنتروپی برای هر ایستگاه، و همبستگی آن با نوع آب و هوای آن ایستگاه با روش دمارتن، ضرایب اوزان هر یک از پارامتر ها بصورت زیر تعدیل گردیده است:

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

**جدول(۱): وزن‌دهی پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌ها با توجه به روش دمارتن**

| نوع اقلیم | دما | رطوبت | مقدار بارش | تعداد روزهای بارش |
|---|---|---|---|---|
| خشک | /۱۸ | /۲ | /۳ | /۲۵ |
| نیمه خشک | /۱۵ | /۱۷ | /۳۴ | /۳۰ |
| مدیترانه ای | /۱۳ | /۱۴ | /۳۷ | /۳۵ |
| مرطوب | /۱ | /۱ | /۴ | /۴ |
| خیلی مرطوب | /۰۸ | /۰۸ | /۴۳ | /۴۳ |

## ج)- روش تلفیقی

در این روش، اوزان ارائه شده توسط کارشناس ( $\lambda_j$ ) بعنوان اهمیت نسبی برای شاخص $j$ ام، با استفاده از رابطه $w_j$ محاسبه شده از طریق آنتروپی به صورت اوزان زیر تعدیل شده است (هوان- جی شیر-۲۰۰۶):

$$w'j = \frac{\lambda_j . w_j}{\sum_{j=1}^{n} \lambda_j . w_j} : \forall j \qquad \text{عبارت (۷)}$$

$w'j =$ وزن تعدیل شده

در ادامه، پس از محاسبه اوزان هریک از پارامترها، با بکارگیری هریک از روش‌های فوق‌الذکر، برای تعداد زیادی از ایستگاه‌های هواشناسی کشور، در نهایت روش تلفیقی به عنوان بهترین روش برای وزن‌دهی پارامترها معرفی می‌شود.

## ۲- مرحله ضرب ماتریس در بردار

اکنون باید اهمیت اوزان هریک از شاخص‌ها ( پارامترهای اقلیمی) را در ماتریس R (داده‌های اقلیمی تمام سال‌ها) بررسی شود، که برای این منظور، جهت محاسبه اوزان هریک از پارامترهای اقلیمی، باید ماتریس R را در بردار w

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

ضرب نموده، اما از آنجا که ضرب مذکور قابل تعریف نمی‌باشد، بنابراین برای این عمل، بردار W را بصورت یک ماتریس $4\times4$ در نظر گرفته می‌شود که بصورت زیر نمایش داده شده است:

$$v = R_{23\times4}\times W_{4\times4} = \begin{bmatrix} r_{1_1} & r_{1_2} & r_{1_3} & r_{1_4} \\ r_{2_1} & r_{2_2} & r_{2_3} & r_{2_4} \\ r_{3_1} & r_{3_2} & r_{3_3} & r_{3_4} \\ .. & & & \\ ... & & & \\ ... & & & \\ r_{23_1} & ..... & r_{234} & \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & W_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & W_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & W_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{1_1} & v_{1_2} & v_{1_3} & v_{1_4} \\ ... & & & \\ ... & & & \\ ... & & & \\ ... & & & \\ v_{23_1} & v_{23_2} & v_{23_3} & v_{23_4} \end{bmatrix}$$

عبارت (۸)

در رابطه بالا R همان ماتریس اولیه بوده، و W یک ماتریس قطری می‌باشد، که عناصر روی قطراصلی آن، همان بردار w می باشد که به شکل رابطه زیر نشان داده می شود:

$$w = (w_1 + .....w_4)$$

## ۳- یکسان‌سازی کارآیی تاثیر فراسنج‌های آب و هوایی

از نظر کارآیی، عناصر جوی در رخداد خشکسالی متفاوت عمل می‌نمایند. به عنوان مثال عنصر دما نسبت به بارش، رطوبت نسبی و تعداد روزهای بارش در رابطه با پدیده خشکسالی عملکرد وارونه دارد. به طوری که مقادیر دمایی بالا در مقابل مقادیر اندک بارش، رطوبت و تعداد روزهای بارش، باعث افزایش شدت خشکسالی می‌شوند، به عبارت دیگر هر چه میزان بارش کمتر و مقدار دما بیشتر باشد، احتمال وقوع خشکسالی و یا تشدید آن افزایش پیدا می‌کند. از این‌رو باید

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

این روند وارون در بین عناصر موثر همسو شود. لذا در این مرحله باید تاثیر رونـد پارامترهای جوی را یکسان‌سازی کرد. بدین‌ترتیب پارامترهایی که کاهش آنهـا در وقوع خشکسالی موثر است به عنوان شاخص مثبت و پارامترهایی که افزایش آنهـا در رخداد خشکسالی موثر است، به عنوان شاخص منفی در نظر گرفته می‌شوند.

**الف) شاخص‌های مثبت**: در هر کدام از ۳ پارامترهای اقلیمی بارش، تعداد روزهای بـارش و رطوبت نسبـی که رونـد افـزایشی آنها در بـروز دوره‌های مرطوب (ترسالی) موثر است، بیشینه مقدار در دوره آماری موردنظر انتخاب نموده و داده‌های سال‌های دیگر بر آن تقسیم می‌شود. که در این صورت جواب حاصله در سالی که بیشینه مقدار داده را داراست، عدد یک خواهد بود. در اینجا ذکر این نکته لازم است، که شاخص‌های مثبت شامل بارش، رطوبت و تعداد روزهای بارش می‌باشد. بالاترین ضرائب مثبت با $F_1$ نشان داده می‌شود. در اینجا لازم به توضیح است، که جهت محاسبه $F_1$ها، از داده‌های ماتریس $v$ (ضرایب حاصل از داده‌های اقلیمی و اوزان آنها) استفاده می‌شود (شین شیار و استندلی-۲۰۰۶):

$$F_1 = R_{ij} / R_{ij^{MAX}}$$ عبارت(۹)

$F_1 =$ نسبت مقدار هر شاخص مثبت به بالاترین میزان همان شاخص مثبت

$R_{ij} =$ مقدار هر شاخص مثبت برای هر سال $i$ ام

$R_{ij^{Max}} =$ بالاترین مقدار هر شاخص مثبت

**ب) شاخص منفی**: آندسته از پارامترهای اقلیمی که افزایش آنها در وقوع خشکسالی موثر است، داده کمینه، در بین داده‌های دوره آماری انتخاب شده و بر داده‌های سال‌های دیگر تقسیـم می‌شود. بنابراین بالاترین مقدار داده محاسبه شده، شامل سالی می‌شود که پایین‌ترین مقدار را دارا است. در اینجا قابل‌ذکر است، که شاخص منفی در این روش، عنصر دما می‌باشد. در این مرحله نیز، برای

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

محاسبه $F_2$، همانند $F_1$ها، از داده‌های منتج شده از ماتریس $v$ (ضرایب حاصل از داده‌های اقلیمی و اوزان آنها ) استفاده شده است. بنابراین، این نکته روشن است، بدین‌ترتیب مقادیر شاخص منفی مشخص شده، و در روابط جایگزین می‌شوند (ونگ و الهاگ-۲۰۰۶):

$$R_{ij^{MIN}} / R_{ij} = F_2 \qquad \text{عبارت (۱۰)}$$

$F_2 =$ نسبت پایین‌ترین مقدار شاخص منفی به داده‌های، هر شاخص منفی

$R_{ij}^{MIn} =$ پایین‌ترین مقدار هر شاخص منفی برای سال کمینه

$R_{ij} =$ مقدار هر شاخص منفی برای هرسال معین

در این قسمت لازم است که سال‌های ایده‌آل حداکثر که با (عدد۱) و ایده آل حداقل ( نزدیک‌ترین عدد به صفر )، شناسایی شده تا دیگر سال‌ها بر اساس این سال‌های مبنا رتبه‌بندی شوند. برای این منظور باید مرحله ۴ انجام شود.

۴- در این مرحله به تعیین سال‌های ایده‌آل(حداکثر و حداقل) پرداخته می‌شود که با علامت $\overset{*}{A}$ نمایش داده شده و به صورت زیر تعریف می‌شود ( اصغرپور-۲۶۰:۱۳۷۷):

$$\overset{*}{I}_I = \max_I (\min) r_{ij} \qquad \overset{*}{A} \cong (I_1, I_2 ..... I_4)$$

$\overset{*}{A} =$ گزینه ایده‌آل( سال )

$I =$ پارامترهای اقلیمی

در رابطه باانتخاب سال ایده‌آل این نکته قابل‌توجه است، که این انتخابی نسبی می‌باشد، زیرا سالی وجود ندارد که در تمام پارامترها از بهترین اولویت برخوردار باشد بنابراین در معرفی این سال از علامت تقریبا مساوی ( $\cong$ ) استفاده شده

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

است. واضح است که گزینه ایده‌آل در عمل وجود ندارد لذا برای رتبه‌بندی سال‌ها از نظر خشکسالی در حالت تقریبی نزدیک به واقعیت به صورت زیر عمل می‌شود:
نمایش داده شده به صورت زیر تعریف می‌شود:

ابتدا ۲ دو نقطه ایده‌آل حداکثر و حداقل که با $\bar{A}$ و $\overset{+}{A}$ مشخص می‌گردند به صورت زیر بدست می‌آید.

$$\overset{+}{A} = \max_I (\min) vij = (v_1^{+}, \ldots\ldots\ldots\ v_4^{+})$$

$$A^{-} = \min_I (\max) vij = (\bar{v}_1, \ldots\ldots v_4^{-}).$$

دراینجا $\overset{+}{A}$ و $\bar{A}$، به ترتیب معرف حداکثرترین وحداقل‌ترین میزان شاخص‌های مثبت و منفی برای یک دوره آماری می‌باشد.

## ۵- محاسبه فاصله داده‌ها از مقادیر ایده‌آل

حال فاصله هریک از سال‌ها را تا ایده‌ال مثبت و منفی بدست آورده، که برای این منظور از مراحل زیر استفاده می‌شود: (شونیان و دیگران-۲۰۰۶):

$$d_I^{+} = \sqrt{\left[\sum_{j=1} (vij - \overset{+}{vj})^2\right]} \qquad \text{عبارت (۱۱)}$$

$$d_I^{-} = \sqrt{\left[\sum_{j=1} (vij - \bar{vj})^2\right]} \qquad \text{عبارت (۱۲)}$$

$d_I^{+} =$ فاصله سال $i$ ام از ایده آل مثبت

$d_I^{-} =$ فاصله سال $i$ ام از ایده آل منفی

$j =$ متغییر اقلیمی

$v =$ ارزش پارامتر اقلیمی $j$ برای سال $i$ ام

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

در مرحله پایانی، بعد از محاسبه $d_i^+$ و $d_i^-$ برای هر سال، در نهایت جهت محاسبه خشکسالی و رتبه‌بندی آن برای هر سال، نسبت به نقاط آیده‌ال مثبت و منفی، از عبارت زیر استفاده می‌شود (بانکر-۱۹۸۸):

$$cl_i = d_i^- /(d_i^+ + d_i^-) \qquad \text{عبارت (۱۳)}$$

$cl_i =$ شاخص رتبه بندی

لازم به توضیح است، که هر چه ضریب $cl$ بیشتر باشد گویای حالت مرطوب و هر چه مقدار آن کمتر باشد گویای وضعیت خشک‌تر می‌باشد.

## بحث و نتایج:

پس از مشخص‌نمودن نوع اقلیم ایستگاه‌های موردمطالعه ( استان خوزستان) با استفاده از طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن( تمام ایستگاه‌های منتخب)، در محدوده (خشک) قرار می‌گیرند، و اعمال‌نمودن روش تلفیقی (ترکیب ضریب کارشناس با ضـریب روش آنتـروپی) اوزان مربوطه برای هریک از ایستگاه‌های منتخب در منطقه ( استان خوزستان) در جدول (۲) ارائه شده است:

**جدول(۲): تعیین اوزان پارامترهای ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان با استفاده از روش تلفیقی**

| پارامترها / ایستگاه | رطوبت | دما | تعداد روزهای بارش | بارش |
|---|---|---|---|---|
| امیدیه | /۱۸ | /۱۴ | /۲۵ | /۴۳ |
| امیدیه آغاجاری | /۱۷ | /۱۵ | /۲۸ | /۴۰ |
| اهواز | /۱۵ | /۱۳ | /۲۱ | /۵۰ |
| بستان | /۱۴ | /۱۲ | /۲۲ | /۵۲ |
| بندر ماهشهر | /۱۵ | /۱۳ | /۲۳ | /۴۸ |
| رامهرمز | /۱۷ | /۱۵ | /۲۶ | /۴۳ |
| مسجد سلیمان | /۱۷ | /۱۴ | /۲۶ | /۴۳ |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

در ادامه، پس از ضرب ماتریس R در بردار W، برای مقادیر اقلیمی تمام ایستگاه‌های مربوطه، و دردنباله، اعمال عبارت‌های(۹ ) و(۱۰) درمورد شاخص‌های مثبت و منفی و پس ازآن مشخص‌نمودن سال‌های آیده‌ال برای تمامی ایستگاه‌ها، فاصله هریک از سال‌های ایستگاه‌های منتخب راتا ایده‌ال مثبت و منفی با استفاده از عبارت (۱۱) و(۱۲ ) بدست آورده، که مقادیر $d_I^+$ و $d_I^-$ محاسبه شده برای این ایستگاه‌ها در جدول (۳ ) ارائه گردیده است.

**جدول (۳): مقادیر محاسبه شده $d_I^+$ و $d_I^-$ برای ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان**

| ایستگاه‌ها / سال‌ها | امیدیه آغاجاری | | امیدیه | | اهواز | | بستان | | بندرماهشهر | | رامهرمز | | مسجدسلیمان | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $d^+_I, d^+_I$ | $d^-_I$ | $d^+_I$ | $d^-_I$ | $d^+_I$ | $d^-_I$ | $d^+_I$ | $d^-_I$ | $d^+_I$ | $d^-_I$ | $d^+_I$ | $d^-_I$ | $d^+_I$ | $d^-_I$ | $d^+_I$ |
| 1986 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.3 |
| 1987 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 0.6 |
| 1988 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.6 |
| 1989 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 0.7 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.7 |
| 1990 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.9 | 0.1 | 0.8 | 0.1 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.8 | 0.1 | 0.8 |
| 1991 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 0.2 | 0.8 | 0.1 | 0.9 | 0.1 | 0.8 | 0.2 | 0.6 | 0.2 | 0.5 | 0.4 |
| 1992 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.7 | 0.3 | 0.7 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.8 | 0.2 |
| 1993 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 0.7 | 0.3 | 0.7 | 0.2 |
| 1994 | 0.5 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.7 | 0.2 |
| 1995 | 0.5 | 0.6 | 0.1 | 0.7 | 0.2 | 0.9 | 0.3 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 0.7 |
| 1996 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 0.7 | 0.2 | 0.6 | 0.3 |
| 1997 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.9 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 0.9 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 0.5 | 0.4 |
| 1998 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 0.7 |
| 1999 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.8 | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |
| 2000 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.2 | 0.7 |
| 2001 | 0.2 | 0.3 | 0.0 | 0.7 | 0.3 | 0.6 | 0.2 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 0.6 |
| 2002 | 0.6 | 0.7 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 |
| 2003 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.7 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | 0.7 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 0.7 |

اکنون بعد از محاسبه فاصله هریک از سال‌ها مقادیر از ایده‌ال مثبت و منفی برای ایستگاه‌های منتخب ، ضریب $cl$ با توجه به عبارت (۱۳ ) برای هر سال محاسبه گردیده، که نتایج آن در جدول (۴ ) دیده می‌شود.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

جدول(۴): ضرایب محاسبه شده $cl$ برای سال های مختلف ایستگاه های منتخب

| ایستگاه ها / سال | آغاجاری | امیدیه | اهواز | بستان | بندر ماهشهر | رامهرمز | مسجد سلیمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1986 | 0.6 | 0.8 | 0.7 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.7 |
| 1987 | 0.3 | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 1988 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.3 |
| 1989 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.2 |
| 1990 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 |
| 1991 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 |
| 1992 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.8 |
| 1993 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| 1994 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 0.7 |
| 1995 | 0.6 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 |
| 1996 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.7 |
| 1997 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.9 | 0.7 | 0.6 |
| 1998 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.3 |
| 1999 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.8 | 0.6 | 0.4 |
| 2000 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.2 |
| 2001 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 0.3 | 0.3 |
| 2002 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.4 |
| 2003 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.3 |

## ۱- تعیین اعتبار رویکرد پیشنهادی

دراین بخش، به اعتبارسنجی‌رویکردپیشنهادی پرداخته خواهدشد. بدین‌منظور نتایج حاصله از روش TOPSIS، با شاخص معتبر خشکسالیSIAP تطبیق داده شده است. علت انتخاب شاخص SIAP، وجود کارایی بهتر این شاخص نسبت به شاخص‌های (EPI1, SPI, BMDI, RAI2, DpI3, PNPI) در

[1] – Effective Precipitation Index
[2] –Rinfall Anomaly Index
[3] – Deciles of Precipitation Index

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

محاسبه خشکسالی هواشناسی برای تعدادی از ایستگاه‌های هواشناسی ایران بـوده است ( خلیلی و بذر افشان:۱۳۸۲). در این قسمت بـه اختصـار شـاخص مـوردنظر توضیح داده می‌شود:

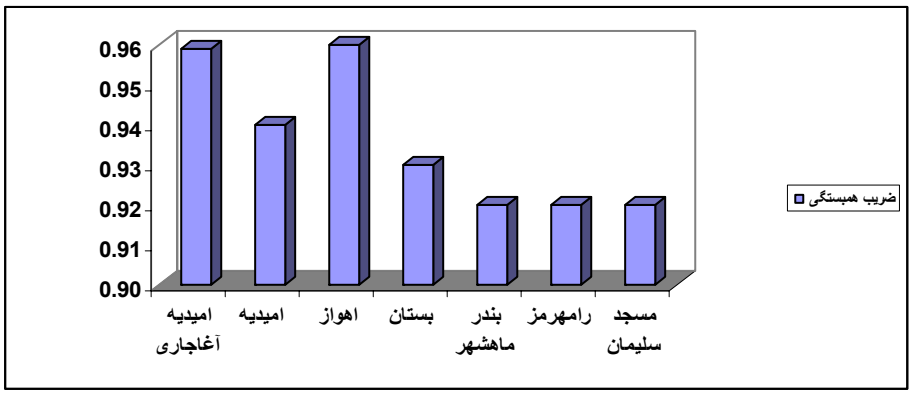
**الف)شاخص معیار بارش سالانه(SIAP)**

گیبس و ماهر(۱۹۶۷) عبارتی را برای شناسایی خشکسالی و شدت آن به شرح زیر ارائه کرده‌اند:

**عبارت (۱۴)**

$$SIAP = (P_i - \overline{P}) / SD$$

در این فرمول $P_i$، بارش دریک سال‌معین، $\overline{P}$، میانگین درازمدت‌بارش‌وSD انحراف معیار بارش می‌باشد، محدوده‌های این روش درجدول (۵) ارائه شده است. بعداز آشنایی نسبی با روش SIAP ، نتایج حاصل از این روش و روش پیشنهادی این پژوهش برای ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان، موردمقایسه قرار گرفـت، که مقادیر همبستگی قوی ( r= /۹) برای داده‌ها حاصل گردید ( شکل۱).




**شکل(۱): مقادیر ضریب همبستگی بین، شاخص SIAP و روش TOPSIS برای ایستگاه‌های منتخب**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

لازم به توضیح است که پس از محاسبه نتایج رویکرد پیشنهادی TOPSIS برای تعداد زیادی از ایستگاه‌های کشور، و مقایسه این نتایج با روش SIAP ، بطور میانگین، برای ایستگاه‌های مذکور ضریب همبستگی نسبتا قوی(r= /۷) بدست آمد، که این وضعیت اعتبارنتایج حاصل شده ازروش TOPSIS را تایید می‌کند.

## ب)معرفی طبقه‌بندی خشکسالی/ ترسالی با روشTOPSIS

با توجه به ضریب همبستگی بالای نتایج حاصل شده از روش Topsis با SIAP و با استفاده از درون‌یابی بین ضرایب این دو روش، محدوده‌های خشکسالی /ترسالی باروش پیشنهادی به شرح جدول(۵) معرفی گردیده می‌گردد.

**جدول(۵ ): محدوده‌های خشکسالی/ ترسالی با شاخص‌های SIAP و TOPSIS**

| طبقات شدت خشکسالی | نمایه معیار بارندگی سالانه(SIAP) | TOPSIS |
|---|---|---|
| ترسالی بسیار شدید | بیش از ۱/۲۸ | بیش از /۹۱ |
| ترسالی شدید | /۸۴ تا ۱/۲۸ | /۷۷ تا /۹۱ |
| ترسالی متوسط | /۵۲ تا /۸۴ | /۶۶ تا /۷۶ |
| ترسالی ضعیف | /۲۵ تا /۵۲ | /۵۷ تا /۶۵ |
| نرمال | ۰/۲۵- تا ۰/۲۵+ | /۴ تا /۵۶ |
| خشکسالی ضعیف | ۰/۵۲-۰ تا ۰/۲۵- | /۳۱ تا /۳۹ |
| خشکسالی متوسط | ۰/۸۴- تا ۰/۵۲- | /۲۱ تا /۳۰ |
| خشکسالی شدید | ۰۱/۲۸-تا ۰/۸۴- | /۲۱ تا /۰۶ |
| خشکسالی بسیار شدید | کمتر از ۱/۲۸- | کمتر از /۰۶ |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

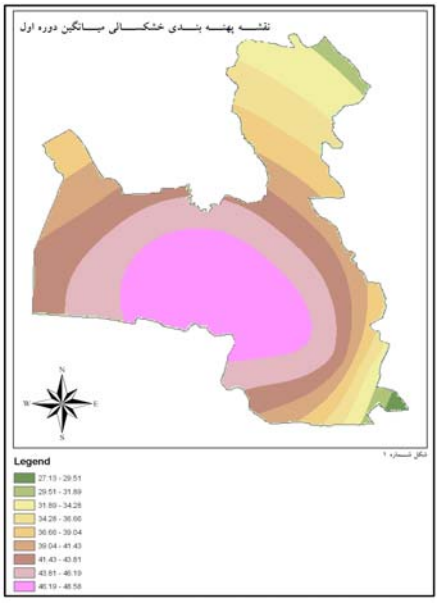
## ج)پهنه‌بندی خشکسالی با توجه به روش پیشنهادی(TOPSIS)

در این قسمت، دوره‌های آماری، با توجه به داده‌های ۱۸ ساله ( ۲۰۰۳-۱۹۸۶)، به سه دوره شش‌ساله تقسیم و در ادامه با تاکید به میانگین شش ساله هر ایستگاه، عمل پهنه‌بندی خشکسالی، برای هر سه دوره بصورت مجزا انجام گرفته است (جدول۶). در ادامه برای سهولت کار پهنه‌بندی، ضرایب حاصل از جدول(۵) را درعدد ۱۰۰ ضرب گردیده، تاباستفاده از ارقام بزرگتر عمل پهنه‌بندی بهتر انجام شود.

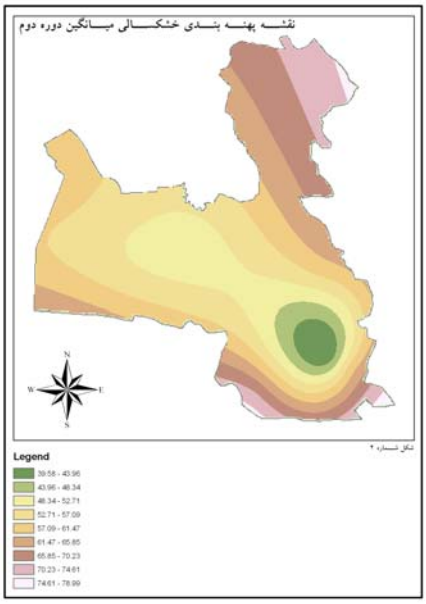
جدول( ۶):میانگین سه دوره شش‌ساله، برای ضریب TOPSIS در ایستگاه‌های استان خوزستان

| ایستگاه ها / دوره ها | مسجد سلیمان | رامهرمز | بندر ماهشهر | بستان | اهواز | امیدیه آغاجاری | امیدیه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| میانگین دوره اول | /۳۸ | /۴۳ | /۴۳ | /۴۰ | /۴۸ | /۴۲ | /۳۶ |
| میانگین دوره دوم | /۶۵ | /۵۹ | /۷۰ | /۵۸ | /۵۱ | /۴۲ | /۵۷ |
| میانگین دوره سوم | /۳۲ | /۳۶ | /۵۱ | /۳۳ | /۳۴ | /۲۶ | /۴۶ |

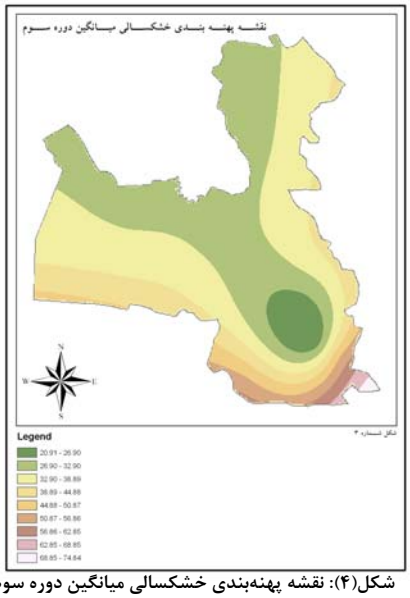
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]




شکل(۲): نقشه پهنه‌بندی خشکسالی میانگین دوره اول




شکل(۳): نقشه پهنه‌بندی خشکسالی میانگین دوره دوم




شکل(۴): نقشه پهنه‌بندی خشکسالی میانگین دوره سوم

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

## نتیجه‌گیری:

۱- در روش پیشنهادی از ۴ عنصر جوی بارش، دما، رطوبت نسبی و تعداد روزهای بارش، در تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی استفاده می‌شود و از این‌رو این روش، نسبت به روش‌های ساده‌تر پیشین، که صرفاً از یک یا دو متغیر استفاده می‌کنند، برتری دارد.

۲- در این روش علاوه بر توجه غیرمستقیم به میانگین، به مقادیر فرین[1] نیز توجه ویژه‌ای می‌شود.

۳- درروش Topsis، ارتباط سیستماتیک بین مقادیر جوی سال‌های مختلف در تعیین و رتبه‌بندی خشکسالی یا ( ترسالی ) به عنوان یکی از ارکان موثر این روش تلقی می‌شود، که درروش‌های سنتی داده‌های هرسال به طورمجزا در نظر گرفته می‌شود.

۴- یکی دیگر از کاربردهای مضاعف این روش بعد از تعیین خشکسالی (ترسالی)، رتبه‌بندی آن نیز می‌باشد.

۵- با وجودی که برای اعتبارسنجی روش پیشنهادی از روش معتبر SIAP استفاده شده است. ولی با توجه به موارد فوق‌الذکر می‌توان اذعان داشت که در صورت دقت کافی در محاسبات مربوطه روش پیشنهادی نسبت به، روش SIAP دارای مزیت‌های بیشتری است.

۶- پس از محاسبه میانگین ضریب $cl$ ، با توجه به سه دوره ۶ ساله، برای ایستگاه‌های منتخب خوزستان، این نتایج بدست می‌آید، که دوره‌های اول و سوم دارای ضریب پایین‌تری نسبت به دوره دوم می‌باشد. لذااحتمال‌می‌رود

[1]- Extreme

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

که دوره چهارم با افزایش در ضریب $cl$ ، گرایش نوسانات آب و هوایی به سوی شرایط مرطوب‌تر (ترسالی) باشد.

## پیشنهادات:

در پایان پیشنهاد می‌گردد، که کاربران و متخصصان هواشناسی، آب و هواشناسی و دیگر رشته‌های وابسته، در زمینه‌های دیگر، کاربرد روش TOPSIS در خشکسالی، با استفاده از پارامترهای جدیدتر و مناسب‌تر ( برای مثال میزان آبدهی برای خشکسالی هیدرولوژیکی و میزان عملکرد محصولات زراعی برای خشکسالی کشاورزی ) اقدام نمایند .

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

## منابع


۱- اصغرپور، محمدجواد، تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۱۳۷۷، ص ۲۶۰

۲- اصغرپور، محمدجواد، تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۲، ص۸۹ .

۳- سالنامه آماری هواشناسی، آمار سال ۲۰۰۳-۱۹۸۰ میلادی

۴- خلیلی علی، بذرافشان جواد، ارزیابی کارایی چند نمونه نمایه خشکسالی، مجله نیوار، شماره ۴۸-۴۹، بهار و تابستان ۱۳۸۲، سازمان هواشناسی کشور

5- A. Shanian and O. Savadogo. , September 2006. TOPSIS multiple-criteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for polymer electrolyte fuel cell • Journal of Power Sources, Volume 159, Issue 2, Pages 1095-1104

6- Banker,R.D.(1988). Models for the estimation of technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Econometrica,23, 315-332.

7- Banker,R.D., Morey,R.C.(1986). Efficiency analysis for Topsis- 34(4), 513-521.

8- Bahime,h.n,and D.A.,Mooley,1980,Large-scale Droughts /Floods and Moonsoon Circulation,Mon.Wea.Rev.,108:1197-121

9- Bodily ,S.E. (1985). Modern decision-making.

10- Byun . H.R.,and D.A.,Wilhite,1999,Objective Quantification of Drought Severity and Duration, Journal of Climate, 12(9): 2747-2756

11- HWANG, C.L., Yoon, K.(1992). Multiple Attribute decision-making. Springer ,Verlag, 203

12- Hepu Deng, Chung-Hsing Yeh and Robert J. Willis .September 2000. Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights . Computers & Operations Research, Volume 27, Issue 10, , Pages 963-973

13- Huan-Jyh Shyur. June 2006 . COTS evaluation using modified TOPSIS and ANP

14- Applied Math ematics and Computation, Volume 177, Issue 1, Pages 251-259

15- Hsu-Shih Shih, Huan-Jyh Shyur and E. Stanley Lee- October 2006. xtension of the TOPSIS method for decision-making problems with


[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

fuzzy data Applied Mathematics and Computation, Volume 181, Issue 2, , Pages 1544-1551
16- Ingwer B.Patrick.(1977). Modern Multi scaling. spring- Verlag
17- Kruscal , J.B.(1964). Nonmetric multi scaling. Psychometrikka,29(2), 47.-16
18- Mckee,T.B.,N.J.,Doesken and J.,Kleist,1993,The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scale, Eight Conf.On Applied Climatology Anaheim, Ca.American Meteorological Society, 179-184
19- Schenkerman, S. (1994). Avoiding rank Reversal in Topsis. European journal of operation research. 34(2), 42-45.
20- NDMC,1995,Understandarind and Defining Drought,7pp[Available form National Drought Mitigation Center, http://drought.unl.edu].
21- Olapida,E.O.,1985,A Comparative Performance Analysis of Three Meteogical Drought Indices, Journal of climatology,5: 655-664.
22- szidarovszky, F. (1986). Techniques for multiobjective decision making in systems Management. Elsevire science Publishers B.V.
23- Ying-Ming Wang and Taha M.S. Elhag. , August 2006. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment .Expert Systems with Applications, Volume 31, Issue 2, Pages,309-3.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]