فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ ششم، شمارهٔ اول، بهار ۱۳۹۵
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK) Quarterly, Vol.6, No. 1 (Spring 2016)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۲۶

پهنه‌بندی بحران خشکسالی

پهنه‌بندی بحران خشکسالی با نمایه‌های SIAP، PNPI و TOPSIS (مطالعه موردی استان یزد)

سعید ملکی[1] و الیاس مودت[2]

۱. دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران Maleki@scu.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (نویسنده مسئول) Mavedate@Yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: پدیده خشکسالی در واقع یکی از ویژگی‌های اصلی و تکرار شونده اقلیم‌های مختلف جغرافیایی به‌شمار می‌آید و به شدت بر همه جوانب فعالیت‌های بشری در شهر و روستا تأثیر گذاشته است.

روش: پژوهش حاضر با رویکرد توسعه‌ای – کاربردی می‌باشد؛ که جهت تعیین و پهنه‌بندی خشکسالی در استان با مراجعه به سازمان‌های مربوطه و سایت هواشناسی و مرکز آمار ایران اطلاعات مورد نیاز استخراج و با استفاده از رویکرد فضایی به تحلیل و بررسی اطلاعات اقدام گردیده است.

یافته ها: لازم به ذکر است حدود ۵۰ درصد مقاله حاضر را یافته‌های تحقیق شامل می‌شود که در این راستا با کمک مدل تاپسیس و استفاده از نمایه‌های نرمال بارندگی و معیار سالیانه بارندگی ضرایب و اوزان شاخص خشکسالی محاسبه و شدت آن تعیین شد. نتایج حاصله با مدل تاپسیس حاکی از آن است که ایستگاه شهرستان نیر در فاکتور رطوبت و دما خشک‌ترین ایستگاه می‌باشد؛ و نمایه‌های نرمال و سالانه بارندگی نشان می‌دهند به ترتیب ایستگاه میبد و خاتم در وضعیت نرمال و خشکسالی بسیار شدید قرار دارند.

نتیجه گیری: در نتیجه‌گیری پژوهش حاضر براساس نمایه میانگین بارندگی تنها ایستگاه میبد در وضعیت نرمال و به ترتیب تقریباً ایستگاه خاتم، یزد، مهریز، تفت، صدوق، ابرکوه و اردکان در وضعیت خشکسالی بسیار شدید قرار دارند و بر اساس نمایه متوسط سالانه ایستگاه‌های صدوق، ابرکوه، اردکان، بافق و طبس در وضعیت خشکسالی متوسط و ایستگاه‌های بهاباد و میبد به ترتیب وضعیت خشکسالی ملایم و نرمال را دارا می‌باشند. در نتیجه توجه به پدیده‌ی خشکسالی و نوسانات بارش در برنامه‌ریزی‌ها و مطالعات محیطی امری بسیار ضروری می باشد.

کلید واژه‌ها: بحران، خشکسالی، مدل و تکنیک، PNPI، SIAP و TOPSIS، یزد.

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** ملکی، سعید؛ مودت، الیاس (بهار ۱۳۹۵). پهنه‌بندی بحران خشکسالی با نمایه‌های PNPI، SIAP و TOPSIS (مطالعه موردی استان یزد). *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۶* (۱)، ۵۹-۷۰.

Classification of drought zoning by PNPI, SIAP and TOPSIS indices (Case Study Yazd Province)

Saeed Maleki[1] & Elias Mavedat[2]

1. Associate Professor, Department of Geography, University of Shahid Chamran Ahvaz, Ahvaz, Iran- Maleki@scu.ac.ir

2. Ph.D Student Geography and Urban Planning, University of Shahid Chamran Ahvaz, Ahvaz, Iran- Mavedate@yahoo.com

Abstract

Background and objective: Drought hazard is one of the environmental phenomena that mainly is due to climate change. In fact, this is one of the main periodic features of different geographical regions. This phenomenon has a great impact on all aspects of human activities in urban and rural areas.

Method: The method of this study is developmental - applied and with the aim to determine frequency and severity of droughts in Yazd province, examines this issue. It should be noted that required information has been collected for zoning drought in Yazd province in cooperation with related organizations such as Meteorological site and Statistical Center of Iran and by using spatial approach, information reviewed and data analyzed.

Findings: It should be mentioned that about 50 percent of this paper consists of research findings. In this regard, with the help of TOPSIS model and use of rainfall normal indices and annual index, Coefficients and weights of drought index calculated and rainfall intensity determined. The results according to TOPSIS model indicated that in terms of humidity and temperature factors, station of Nir city is the driest station. Also, normal and annual rainfall indices demonstrated that Meibod and Khatam Stations respectively are in normal and very high drought conditions.

Conclusion: In conclusion of the present research, based on the rainfall average index, only Meibod is in normal condition and Katam, Yazd, Mehriz, Taft, Saduq, Abarkouh and Ardakan stations respectively are in severe drought conditions. Also, according to annual moderate index, Saduq, Abarkouh, Ardakan, Bafg and Tabas stations are in a state of moderate drought and Meibod and Bahabad stations respectively are in mild and normal drought conditions. In conclusion, considering regional drought and variations in rainfall is very essential for planning and environmental studies.

Keywords: Zoning, Drought, Models and Techniques, Yazd.

▶ **Citation (APA 6th ed.):** Maleki, S. Mavedat, E (2016, Spring). Classification of drought zoning by PNPI, SIAP and TOPSIS indices (Case Study Yazd Province). *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 6*(1), 59-70.

مقدمه

بشر همواره با بلایای طبیعی نظیر خشکسالی، سیل، زلزله و غیره دست به گریبان بوده و تحقیقات و پروژه‌های متعددی صرف پیش‌بینی، کنترل و برنامه‌ریزی‌هایی برای جلوگیری از خسارات این پدیده‌ها انجام داده است (مودت و ملکی، ۱۳۹۲: ۹۶). خشکسالی پدیده‌ای متفاوت از دیگر بلایای طبیعی بوده که به طور اتفاقی و ناگهانی رخ نمی‌دهد و خساراتی که می‌تواند در صورت وقوع در طی یک دوره زمانی وارد کند، غیر قابل جبران است (موسوی، ۱۳۸۸: ۱۲۸).

تغییر آب و هوا یکی از پیچیده‌ترین مشکلاتی است که بشر در حال حاضر و آینده با آن مواجه خواهد شد. این پدیده ناشی از تغییراتی است که در فرآیندهای اتمسفری رخ داده و باعث گرم شدن هوای کره زمین شده و آثار و پیامدهای مهمی در چرخه حیات، به‌ویژه هیدرولوژی به جا گذاشته (ابراهیمی، ۱۳۸۴: ۵۶)، به طوری که تنها در ۲۲ سال گذشته، ایران با ۱۳ سال خشک سالی مواجه بوده است (حیدری[1]، ۲۰۰۶: ۲۳).

کشور ایران به دلیل قرارگیری در کمربند خشکسالی دنیای قدیم و مجاورت با پرفشار جنب حاره‌ای، دارای اقلیمی خشک و نیمه خشک است و در نتیجه، در اکثر سال‌ها دچار خشکسالی‌های شدید شده است. آیین‌های باران خواهی که سابقه هفت هزار ساله در ایران دارد، مؤید این نکته است (بنی واهب و علیجانی، ۱۳۸۲: ۳۸). اقلیم خشک و نیمه خشک اغلبِ مناطق ایران را تحت تأثیر قرار داده است. مخصوصاً خشک سال‌های اخیر بر مشکل کم آبی افزوده است. متوسط بارندگی در ایران ۲۴۰ میلی‌متر است که کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان می‌باشد (بارووینک[2]، ۱۹۹۷: ۳۲).

فرایند تغییر اقلیم، به ویژه تغییرات دما و بارش، مهمترین بحث مطرح در قلمرو علوم محیطی است. تغییر اقلیم به دلیل ابعاد علمی و کاربردی (اثرات محیطی، اقتصادی- اجتماعی) از اهمیت فزاینده‌ای برخوردار بوده، چرا که سیستم‌های انسانی وابسته به عناصر اقلیمی مانند کشاورزی، صنایع و امثال آن بر مبنای ثبات و پایداری اقلیم طراحی شده و عمل می‌کند (علیجانی و رحیمی، ۱۳۸۴: ۳۴).

استان یزد، به علت استقرار در مرکز ایران و قرارگرفتن بر روی کمربند بیابانی جهان و دوری از منابع وسیع رطوبتی نظیر خلیج فارس، دریای عمان، دریای خزر و مجاورت کویر پهناور نمک و برخی دیگر از ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی در شمار یکی از خشک‌ترین استان‌های کشور به شمار می‌رود. از مشخصات آن بارش اندک، تبخیر شدید، دمای زیاد، رطوبت کم است. در این استان تنها عامل تعدیل کننده دما ارتفاعات شیرکوه است که تا شعاع نسبتاً وسیعی مناطق اطراف خود را تحت شعاع قرار می‌دهد؛ از طرفی بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، جمعیت کل استان بالغ بر ۱۰۷۴۴۲۸ نفر می باشد که ۸۸۹۵۸۳ نفرِ آن را جمعیت شهری و ۱۸۴۸۲۹ نفرِ آن را جمعیت روستایی تشکیل می دهد، که بیان کننده روند افزایشی جمعیت و به تبع آن گرایش شهرنشینی آن مانند دیگر شهرهای ایران می‌باشد. لذا دو موضوع افزایش شهرنشینی و تغییر اقلیم در این استان در مقابل یکدیگر قرار گرفته‌اند که موضوع خطر خشکسالی از موضوعات اساسی در استان می‌باشد. شناخت و آگاهی از وضعیت اقلیمی حال و آینده در کشور خشک و نیمه خشک ایران و به تبع آن استان کویری و صنعتی یزد لازم و ضروری است تا مدیران و برنامه‌ریزان قادر به اجرای برنامه‌های مختلف در جهت مقابله و کاهش آثار ویرانگر این پدیده و بهبود وضع موجود باشند.

بطور خلاصه سوالاتی که پژوهش در پی پاسخ به آن می‌باشند شامل موارد ذیل می‌باشد:

- آیا بحران خشکسالی و توسعه شهری – منطقه‌ای در استان یزد به یک میزان می‌باشد؟

-آیا توسعه شهری – منطقه‌ای بحران خشکسالی را تهدید می‌کند؟

-کدام یک از مناطق استان بیشترین میزان خشکسالی را دارا می‌باشند؟

از دیر باز مطالعات اقلیمی در زمینه بلایای طبیعی، زمانی که آثار شدیدی داشته، مورد توجه بوده است. مطالعات انجام شده در زمینه تغییرات اقلیمی و بحران طبیعی خشکسالی مطالعاتی در کتب، مقالات و مجلات صورت گرفته است، عمدتاً بر عنصر دما متمرکز بوده است. دما در کنار بارش، در تعیین نقش و پراکندگی دیگر عناصر اقلیمی نیز موثر است و از عوامل اصلی و اساسی در پهنه‌بندی بحران خشکسالی محسوب می‌شود (علیجانی و رحیمی، ۱۳۸۴: ۲۲). لذا چند نمونه از تحقیقات و نتایج صورت گرفته در

1. Heidari.
2. Barvenik.

این زمینه به شرح زیر می‌باشد:

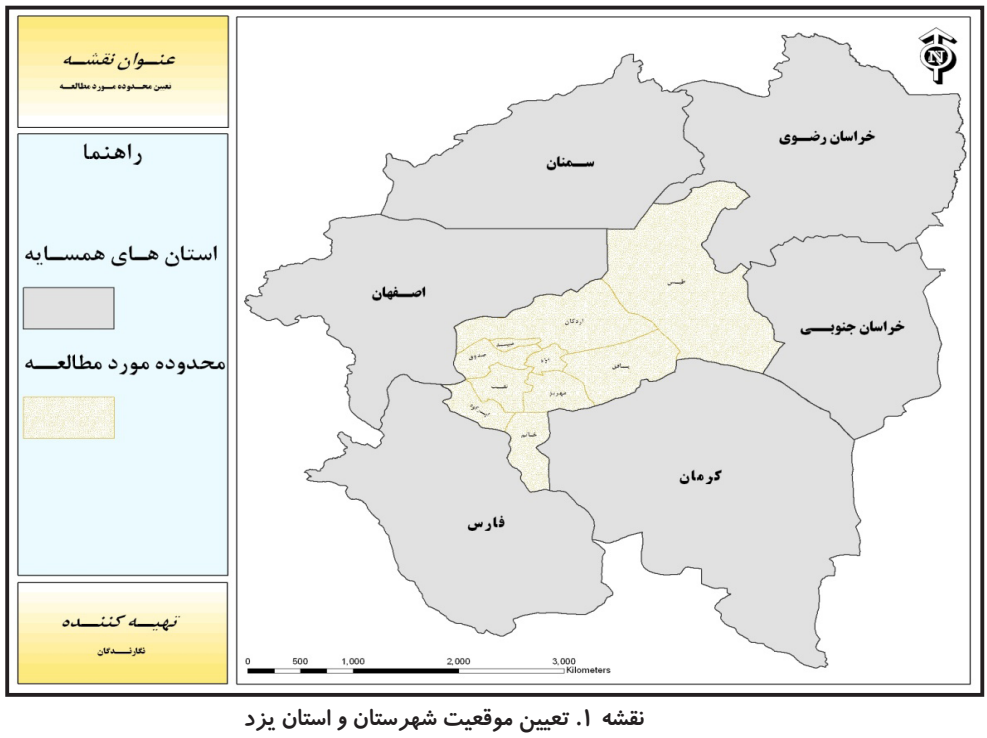
- در زمینه روند افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه‌ای، تحقیقات زیادی صورت گرفته است، از جمله: گیل و واتارد[1](۱۹۹۱)؛ هاسلمن[2](۱۹۹۷)؛ اشلسینگر و رامند کوتی[3](۱۹۹۴)؛ نورث و کیم[4](۱۹۹۵)؛ و نورث و همکاران(۱۹۹۵) در ارتباط با تغییرات صورت گرفته در الگوهای جهانی دمای متوسط کره زمین، تحقیقی تاکوهیرو[5] و همکاران(۲۰۰۵) انجام گرفته است.
- در ایران نیز مطالعاتی در زمینه بحران و تغییر اقلیم خشکسالی انجام شده است.

رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۵)، در طرح آشکارسازی تغییر اقلیم نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های ایران روند افزایش دما وجود دارد.

بر اساس تحلیل فضایی که مسعودیان (۱۳۸۲)، بر روی دمای ماهانه ایران انجام داد، نواحی دارای روند افزایشی و کاهشی دما در ایران مشخص شده است.

خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳)، در تحقیقی به بررسی روند تغییرات ۵ ایستگاه دارای پرداخته‌اند. این بررسی بر مبنای آزمون تحلیل روند بر سری داده‌های بارندگی ماهانه، فصلی و سالانه پنج ایستگاه اعمال شده، نتایج نشان می‌دهد که در مقیاس ماهانه، حالاتی که بتواند وجود روند و یا تغییر اقلیم بارندگی را نشان دهد بسیار محدود است (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۲: ۱۳).

استان یزد در مرکز ایران، در قلمرو سلسله جبال مرکزی ایران، بین ۲۹ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی از نصف النهار مبدأ قرار گرفته است. این استان در دارای ده شهرستان، ۲۰ بخش، ۲۱ شهر، ۵۱ دهستان و ۱۵۱۳ آبادی دارای سکنه است (دفتر تقسیمات کشوری استانداری یزد، ۱۳۸۵). شهر یزد مرکز این استان می‌باشد. نسبت جنسی جمعیت استان ۱۰۹، میزان شهرنشینی ۸۰ درصد و درصد باسوادی در جمعیت ۶ ساله و بیشتر ۸۸/۱ می‌باشد. همچنین بُعد خانوار در استان ۳/۸ نفر و تراکم جمعیت ۷/۷ نفر در کیلومتر مربع می‌باشد.



نقشه ۱. تعیین موقعیت شهرستان و استان یزد

استان یزد از نظر پستی و بلندی دارای تنوع است و ارتفاع نقاط مختلف آن از سطح دریای آزاد متفاوت و از حدود ۸۵۰ متر از اطراف کویر (ریگ زرین) تا ۴۰۷۵ متر شیرکوه تغییر می کند. روند کلی ارتفاعات در استان شمال غربی – جنوب شرقی (در ادامه

1. Ghil and Vautard
2. Hasselman.
3. Schlesinger and Ramankutty.
4. North and Kim.
5. Takuhiro.

رشته جبال مرکزی ایران) بوده و به صورت سه رشته مجزا و موازی به همراه تعدادی قلل منفرد مشاهده می شود.

عمده ترین کویرهای استان یزد عبارتند از: کویر سیاه کوه، کویر ریگ زرین، کویر اله آباد، کویر ساغند، کویر درانجیر و چاله بافق، کفه مهدی آباد، کویر مروست، کویر ابرکوه، کفه طاقستان و کویر طبس. علاوه بر این قسمت‌های جنوبی کویر مرکزی تا شمال استان ادامه داشته و در حاشیه غربی نیز با بخشی از باتلاق گاوخونی هم مرز می باشد.

جدول ۱. وضعیت تقسیمات کشوری استان یزد در سال ۱۳۸۷

نام شهرستان	نام بخش	نام شهر	نام دهستان
ابرکوه	مرکزی	ابرکوه	تیرجرد، فراغه
	بهمن	مهردشت	اسفندار، مهرآباد
اردکان	مرکزی	اردکان، احمدآباد	محمدیه
	عقداء	عقداء	نارستان، عقداء
	خرانق	-	رباطات، زرین
بافق	مرکزی	بافق	سبزدشت، کوشک، مبارکه
	بهاباد	بهاباد	آسفیج، بنستان، جلگه
تفت	مرکزی	تفت	پیشکوه، دهشیر، شیرکوه، علی آباد، نصرآباد
	نیر	نیر	بنادکوک، زردین، سخوید، بخ گاریزات، کهدوئیه
خاتم	مرکزی	هرات	چاهک، فتح آباد
	مروست	مروست	هرابرجان، ایثار
صدوق	مرکزی	اشکذر	رستاق
	خضرآباد	خضرآباد، ندوشن	کذاب، ندوشن
طبس	مرکزی	طبس	پیرحاجات، گلشن، منتظریه، نخلستان
	دستگردان	عشق آباد	دستگردان، کوه یخاب
	دیهوک	دیهوک	دیهوک، کویر
مهریز	مرکزی	مهریز	ارنان، بهادران، تنگ چنار، خورمیز، میانکوه
میبد	مرکزی	میبد، بفروئیه	بفروئیه، شهداء
یزد	مرکزی	یزد، حمیدیا، شاهدیه	فجر، فهرج
	زارچ	زارچ	اله آباد، محمد آباد

مآخذ: سیمای استان یزد، ۱۳۸۷: ۲.

این استان به علت استقرار در مرکز ایران و قرارگرفتن بر روی کمربند بیابانی جهان و دوری از منابع وسیع رطوبتی نظیر خلیج فارس، دریای عمان، دریای خزر و مجاورت کویر پهناور نمک و برخی دیگر از ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی یکی از خشک‌ترین استان‌های کشور به شمار می‌رود. از مشخصات آن بارش اندک، تبخیر شدید، دمای زیاد و رطوبت کم است. در استان یزد تنها عامل تعدیل کننده دما ارتفاعات شیرکوه است که تا شعاع نسبتاً وسیعی مناطق اطراف را در دایرهٔ خود قرار می دهد. به لحاظ شرایط اقلیمی استان یزد، وضعیت کشاورزی در این استان مطلوب نیست و امکان بهره‌برداری از آبهای سطحی در کشاورزی بسیار کم است. شرایط خاص مناطق حاشیه کویر نظیر میزان اندک بارش، حرکت ماسه‌های روان، پدیده کویرزائی، مراتع فقیر، کمبود منابع تأمین آب در ایران مرکزی موجب شده تا ۲۸ درصد وسعت استان یزد فاقد بهره‌دهی اقتصادی باشد. مهمترین مناطق کشاورزی استان، دشت‌های یزد – اردکان، بهادران، بهاباد، هرات، مروست، چاهک و ابرکوه است (علیجانی و مویدفر، ۱۳۸۶: ۱۰۴).

روش

به دلیل اینکه کنترل متغیرهای مستقلی که در اثر بحران و بلایای طبیعی به خصوص خشکسالی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهند بسیار مشکل و گاهیً غیرممکن می‌باشد؛ جهت مطالعه و پژوهش این بحران‌ها از روش معیاری و شاخصی استفاده می‌شود. همچنین روش تجربی (شخصی و اشخاص) و روش کمی هم به عنوان کامل کنندهٔ روش معیاری استفاده می‌گردد. روش تحقیق در این پژوهش، ترکیبی از روش‌های توصیفی، اسنادی و تحلیلی با ماهیت توسعه‌ای–کاربردی می‌باشد. با مراجعه به سازمان‌های مسئول اطلاعات مورد نیاز دریافت شد که جامعه آماری این تحقیق ۱۷ ایستگاه هواشناسی استان یزد می‌باشد و متغیرهای مورد استفاده شامل دما، رطوبت، بارش، تابش و باد به‌صورت کمینه، بیشنه و میانگین در طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ است.

جهت تعیین و پهنه‌بندی خشکسالی در استان ابتدا مدل تاپسیس[1] به‌کار رفته است که معیارهای پایه‌ای مورد استفاده شامل ایستگاه‌های هواشناسی است. معیارهای مورد استفاده با مدل دیگری به نام آنتروپی[2] وزن‌بندی و در مدل تاپسیس جای‌گزاری شده تا ضریب خطای مدل تاپسیس کاهش یابد. در مرحله بعد با استفاده از نمایه‌های میانگین بارندگی[3] و متوسط سالانه بارندگی[4] به تفکیک ایستگاه و عناصر خطر خشکسالی استان تعیین شد. همچنین لازم به ذکر است در این پژوهش از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی[5]، اس.پی.اس.اس[6] و اکسل[7] نیز استفاده گردیده است.

یافته‌ها

تعیین بحران خشکسالی با نمایه‌های آماری

مدل Entropy

در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره و به‌خصوص مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه، داشتن و دانستن اوزان نسبی شاخص‌های موجود، گام مؤثری در فرایند حل مسئله بوده و مورد نیاز است. از جمله روش‌های تعیین وزن شاخص‌ها، می‌توان به روش استفاده پاسخ خبرگان، روش لینمپ، روش کمترین مجذورات، تکنیک بردار ویژه، آنتروپی شانون و غیره اشاره کرد. در این پژوهش برای وزن‌دهی به شاخص‌ها، از روش آنتروپی شانون به عنوان یکی از معروفترین روش محاسبه اوزان شاخص‌ها استفاده شده است. آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته (Pi) به گونه‌ای که این عدم اطمینان، در صورت بخش بودن توزیع، بیشتر از موردی است که توزیع فراوانی بلندتر باشد. این عدم اطمینان به صورت زیر تشریح می‌شود:

ابتدا مقدار ارزشی با نماد E محاسبه می‌گردد که روش آن به شرح زیر می‌باشد:

$$E = -K\sum_{i}^{n}[P_i.LnP_i]$$

بطوری‌که K یک ثابت مثبت است و به منظور تأمین $1 \geq E \geq 0$، که E از توزیع احتمال Pi بر اساس مکانیزم آماری محاسبه شده است و مقدار آن در صورت Piها با یکدیگر بیشینه مقدار ممکن خواهد بود.

مرحله بعد با استفاده از روش زیر انجام می‌شود:

$$-K\sum_{i=1}^{n}P_i.LnP_i = -k\left\{\left(L\,n\frac{1}{n}\right)\left(\frac{n}{n}\right)\right\} = -kLn\frac{1}{n}$$

یک ماتریس تصمیم‌گیری از یک مدل (تصمیم‌گیری چند شاخصه) حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن بکار رود. یک ماتریس تصمیم‌گیری را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

	X1	X2	X3	X4	X5
A1	R11	R12	.	.	R1n
A2	.	.	.	.	.
A3	.	.	.	.	.
A4	Rm1	Rm2	.	.	Rnm

محتوای اطلاعاتی از این ماتریس ابتدا به صورت (Pij) زیر می‌باشد:

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

و برای EJ از مجموعه Pij به ازای هر مشخصه خواهیم داشت:

$$E_j = -k\sum[P_i.LnP_i]\ ,\ \forall j$$

1. TOPSIS.
2. Entropy.
3. SIAP.
4. PNPI.
5. GIS.
6. SPSS.
7. EXCEL.

اکنون عدم اطمینان یا درجه انحراف (dj) از اطلاعات ایجاد شده به ازای شاخص j ام بدین قرار می‌باشد:

$$d_j = (1 - E_j) \,, \forall j$$

و سرانجام برای اوزان(WJ) از شاخص موجود خواهیم داشت:

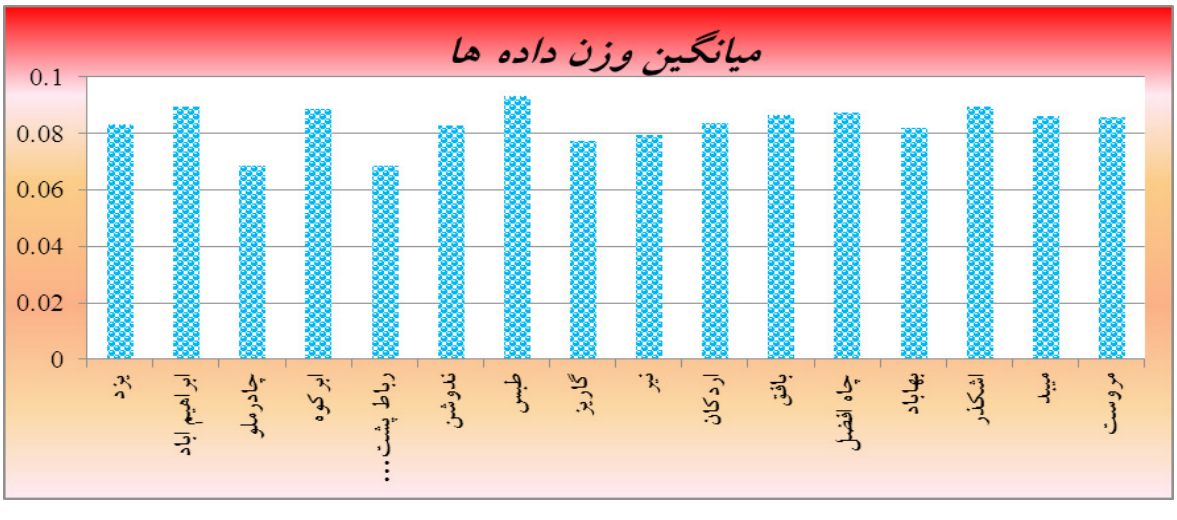
$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} \,, \forall j$$

با توجه به توضیح فوق، وزن شاخص‌های مورد استفاده به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۲. وزن‌دهی داده‌ها به تفکیک ایستگاه مورد مطالعه بر اساس روش آنتروپی

ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
یزد	۰,۰۷	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۱۰	۰,۱۰	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۱۰	۰,۰۹
ابراهیم اباد	۰,۰۸	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۱۱	۰,۰۹	۰,۱۱	۰,۱۱
چادرملو	۰,۰۴	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۶
ابرکوه	۰,۰۶	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۱۰	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۱۰	۰,۰۹	۰,۱۰	۰,۱۰
رباط پشت بادام	۰,۰۴	۰,۰۶	۰,۰۶	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۵	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۷	۰,۰۷
ندوشن	۰,۰۳	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۹	۰,۱۲	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۱۰
طبس	۰,۰۵	۰,۰۷	۰,۱۱	۰,۱۴	۰,۱۲	۰,۱۲	۰,۱۲	۰,۰۶	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۰۸
گاریز	۰,۰۷	۰,۰۷	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۱۰	۰,۱۰	۰,۰۶	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۸
نیر	۰,۰۸	۰,۰۵	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۶	۰,۱۸	۰,۰۵	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۰۷
اردکان	۰,۰۶	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۰۸
بافق	۰,۰۶	۰,۱۲	۰,۰۹	۰,۰۷	۰,۱۰	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۱۱	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۰۸
چاه افضل	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۱۰	۰,۱۰	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۹
بهاباد	۰,۰۶	۰,۰۶	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۱۰	۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۰۹
اشکذر	۰,۰۶	۰,۱۸	۰,۰۶	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۱۰	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۱۰	۰,۱۰
میبد	۰,۰۷	۰,۰۶	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۱۰	۰,۰۸	۰,۰۷	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۱۱	۰,۱۱
مروست	۰,۰۷	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۱۰	۰,۱۰	۰,۰۹	۰,۰۹	۰,۰۸	۰,۰۹	۰,۱۰

ماخذ: مطالعات نگارندگان.



شکل ۱. میانگین وزن‌دهی داده‌ها به تفکیک ایستگاه مورد مطالعه

مدل TOPSIS

الگوریتم TOPSIS با استفاده از پارامترهای اقلیمی مختلف و نگرش چند متغیره و چند بعدی به خشکسالی، عمل رتبه‌بندی و پهنه‌بندی سال‌های آماری یک یا چند ایستگاه را از نظر خشکسالی انجام می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است، هر سیستم از یک‌سری اجزاء (سال، ماه، منطقه، ایستگاه و غیره) تشکیل شده، که این اجزاء با یکدیگر در ارتباط بوده و بر هم تأثیر می‌گذارند و با توجه به این برهمکنش بین اجزاء است که رتبه خشکسالی هرسال محاسبه می‌شود. TOPSIS از جمله رویکردهای جبرانی در دسته‌بندی مدل‌های چند معیاره می‌باشد. مدل‌های جبرانی، مدل‌هایی هستند که در آنها ضعف (کمبود) یک شاخص با قوت (فزونی) در شاخص دیگر قابل جبران است، به عبارت دیگر شاخص‌ها با هم همبستگی دارند.

مدل TOPSIS توسط هوانگ و یون[1] در سال ۱۹۸۱، پیشنهاد شد. اساس تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینهٔ انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص به طور یکنواخت افزایش یا کاهشی است. اجرای این تکنیک مستلزم طی کردن شش مرحله ذیل می‌باشد:

- کمی کردن و بی‌مقیاس سازی ماتریس تصمیم (N).
- به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس سازی موزون (V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) را در ماتریس قطی وزن‌ها (Wn*n) ضرب می کنیم، یعنی: V= N* Wn*n
- تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی:

  بهترین مقادیر در ماتریس V = V+j

  بدترین مقادیر در ماتریس V = V-j
- بدست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده آل مثبت و منفی:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(V_{ij} - V_i^+\right)^2} \quad \text{m,...,۱,۲,۳ =i}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(V_{ij} - V_i^-\right)^2} \quad \text{m,...,۱,۲,۳ =i}$$

حالا فاصله هریک از ایستگاه‌ها را تا ایده‌آل مثبت و منفی بدست آورده، که برای این منظور از مراحل فوق استفاده می‌شود (شونیان[2] و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۰۹۵).

- تعیین نزدیکی نسبی(CL_i^*) یک گزینه به راه حل ایده آل:

$$CL_i^* = \frac{CL_i^-}{CL_i^- + CL_i^+}$$

- رتبه بندی گزینه‌ها: هر گزینه‌ای که CL_i^* آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است.

یکسان‌سازی کارآیی تأثیر فراسنج‌های آب و هوایی

از نظر کارآیی، عناصر جوی در رخداد خشکسالی متفاوت عمل می‌کنند. به عنوان مثال عنصر دما نسبت به بارش، رطوبت نسبی در رابطه با پدیده خشکسالی عملکرد به عکس 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 می یابد. از این رو باید این روند برعکس در بین عناصر موثر همسو شوند. لذا در این مرحله باید تأثیر روند پارامترهای هواشناسی را یکسان سازی کرد. بدین ترتیب پارامترهایی که کاهش آنها در وقوع خشکسالی موثر است به عنوان شاخص مثبت و پارامترهایی که افزایش آنها در رخداد خشکسالی موثر است، به عنوان شاخص منفی در نظر گرفته می‌شوند.

بر اساس شرح مدل فوق وضعیت هر یک از ایستگاه‌ها با توجه به وضعیت دما، رطوبت و بارش به شرح جدول ۳می‌باشد.

بر اساس جدول (۳) و نمودار (۲)، به لحاظ رطوبت:

- ایستگاه هواشناسی نیر، به لحاظ بیشینه رطوبت در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، کمترین رطوبت را دارا می‌باشد.

بنابراین، در این فاکتور مورد مطالعه، ایستگاه نیر خشک‌ترین ایستگاه در استان یزد می‌باشد.

- ایستگاه هواشناسی اشکذر، به لحاظ کمینه رطوبت در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، کمترین رطوبت را دارا می‌باشد.

در نتیجه، در این فاکتور مورد مطالعه، ایستگاه اشکذر خشک‌ترین ایستگاه در استان یزد می‌باشد.

- ایستگاه هواشناسی نیر، به لحاظ میانگین رطوبت در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، کمترین رطوبت را دارا می‌باشد.

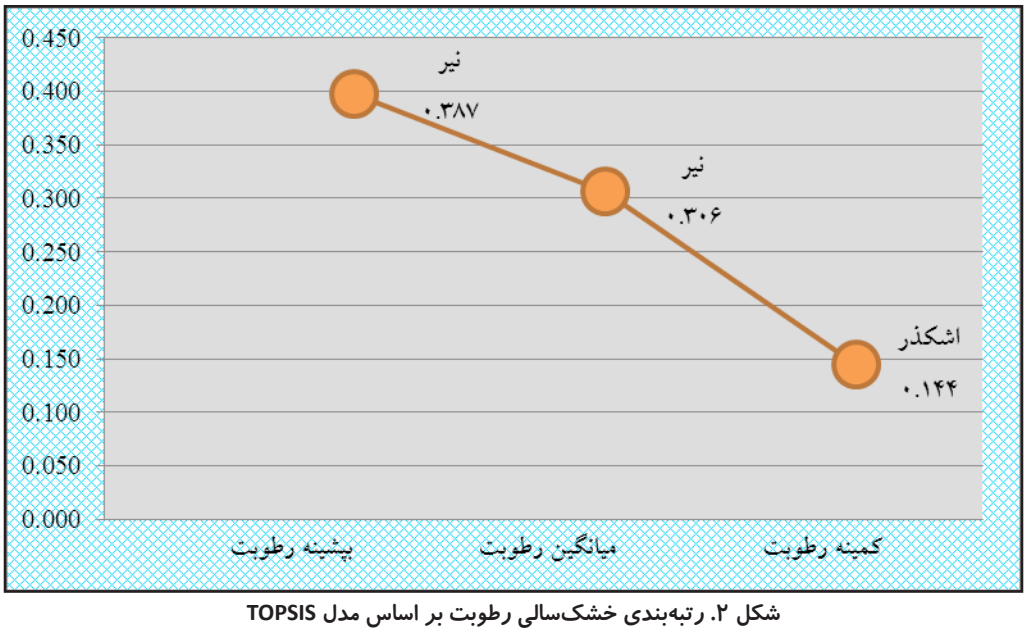
1. Hwang and Yoon

2. Shanian

جدول ۳. میزان TOPSIS فاکتور رطوبت به تفکیک ایستگاه بر اساس مدل TOPSIS

رطوبت							
بیشینه	کمینه	میانگین	ایستگاه	بیشینه	کمینه	میانگین	ایستگاه
۰,۴۰	۰,۱۷	۰,۳۱	نیر	۰,۸۶	۰,۲۰	۰,۵۲	یزد
۰,۹۲	۰,۲۹	۰,۶۲	اردکان	۰,۸۸	۰,۲۱	۰,۵۴	ابراهیم آباد
۰,۹۴	۰,۲۱	۰,۵۶	بافق	۰,۸۹	۰,۲۸	۰,۵۹	چادرملو
۱,۰۰	۰,۲۳	۰,۵۵	چاه افضل	۰,۹۶	۰,۲۱	۰,۵۷	ابرکوه
۰,۹۰	۰,۲۲	۰,۵۷	بهاباد	۰,۹۰	۰,۲۵	۰,۵۶	رباط پشت بادام
۰,۴۶	۰,۱۴	۰,۷۷	اشکذر	۰,۹۲	۰,۱۷	۰,۵۳	ندوشن
۰,۶۷	۰,۴۱	۰,۴۸	میبد	۰,۸۹	۰,۲۴	۰,۵۳	طبس
۰,۹۵	۰,۱۸	۰,۵۶	مروست	۰,۹۰	۰,۲۱	۰,۵۶	گاریز

ماخذ: مطالعات نگارندگان.



شکل ۲. رتبه‌بندی خشک‌سالی رطوبت بر اساس مدل TOPSIS

جدول ۴. میزان TOPSIS فاکتور دما به تفکیک ایستگاه بر اساس مدل TOPSIS

دما							
بیشینه	کمینه	میانگین	ایستگاه	بیشینه	کمینه	میانگین	ایستگاه
۰,۲۱	۰,۱۱	۰,۶۶	نیر	۰,۵۲	۰,۲۶	۰,۳۹	یزد
۰,۵۳	۰,۲۵	۰,۳۱	اردکان	۰,۴۱	۰,۲۳	۰,۲۹	ابراهیم آباد
۰,۴۹	۰,۲۸	۰,۴۵	بافق	۰,۵۲	۰,۳۱	۰,۴۱	چادرملو
۰,۴۹	۰,۱۶	۰,۳۲	چاه افضل	۰,۴۶	۰,۲۰	۰,۳۳	ابرکوه
۰,۵۴	۰,۲۳	۰,۳۸	بهاباد	۰,۵۲	۰,۳۱	۰,۴۴	رباط پشت بادام
۰,۳۴	۰,۱۳	۰,۲۳	اشکذر	۰,۴۵	۰,۱۴	۰,۳۰	ندوشن
۰,۵۱	۰,۲۱	۰,۳۴	میبد	۰,۴۰	۰,۴۷	۰,۲۴	طبس
۰,۴۹	۰,۱۹	۰,۳۵	مروست	۰,۴۳	۰,۱۷	۰,۳۳	گاریز

مأخذ: مطالعات نگارندگان.

شکل ۳. رتبه‌بندی خشک‌سالی دمایی بر اساس مدل TOPSIS

لذا، در این فاکتور مورد مطالعه، ایستگاه نیر خشک‌ترین ایستگاه در استان یزد می‌باشد.

بر اساس جدول (۴) و نمودار (۳)، به لحاظ دمایی:

- ایستگاه هواشناسی نیر، به لحاظ میانگین دمایی در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، بالاترین دما را دارا می‌باشد.

بنابراین، ایستگاه نیر خشک‌ترین ایستگاه در استان یزد می‌باشد.

- ایستگاه هواشناسی اردکان، به لحاظ بیشینه دمایی در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، بالاترین دما را دارا می‌باشد.

در نتیجه، در این فاکتور مورد مطالعه، ایستگاه اردکان خشک‌ترین ایستگاه در استان یزد می‌باشد.

- ایستگاه هواشناسی طبس، به لحاظ کمینه دمایی در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، بالاترین دما را دارا می‌باشد.

لذا، در این فاکتور مورد مطالعه، ایستگاه طبس خشک‌ترین ایستگاه در استان یزد می‌باشد.

جدول ۵. میزان TOPSIS فاکتور بارش به تفکیک ایستگاه

بارش							
بیشینه	کمینه	میانگین	ایستگاه	بیشینه	کمینه	میانگین	ایستگاه
۰,۳۲۹	۰,۰۳۸	۰,۱۳۷	نیر	۰,۳۲۲	۰,۰۰۰	۰,۰۸۸	یزد
۰,۲۴۹	۰,۰۰۰	۰,۰۸۶	اردکان	۰,۲۰۱	۰,۰۱۴	۰,۱۰۴	ابراهیم آباد
۰,۲۴۸	۰,۰۰۰	۰,۰۷۸	بافق	۰,۳۱۰	۰,۰۰۹	۰,۱۵۹	چادرملو
۰,۲۶۳	۰,۰۰۰	۰,۰۶۹	چاه افضل	۰,۳۳۸	۰,۰۰۰	۰,۱۰۲	ابرکوه
۰,۲۴۴	۰,۰۰۵	۰,۱۰۵	بهاباد	۰,۳۵۴	۰,۰۰۰	۰,۱۷۸	رباط پشت بادام
۰,۱۶۴	۰,۰۱۰	۰,۰۴۹	اشکذر	۰,۴۰۱	۰,۰۰۴	۰,۱۴۹	ندوشن
۰,۲۳۵	۰,۰۶۴	۰,۰۷۴	میبد	۰,۱۹۶	۰,۰۰۸	۰,۰۶۰	طبس
۰,۳۳۱	۰,۰۰۰	۰,۱۰۷	مروست	۰,۳۶۰	۰,۰۱۸	۰,۱۰۹	گاریز

ماخذ: مطالعات نگارندگان.

جدول ۶. رتبه‌بندی خشک‌سالی بارش بر اساس مدل TOPSIS به تفکیک ایستگاه

ایستگاه	TOPSIS	بارش
اشکذر	۰,۰۴۹	میانگین
یزد	۰,۰۰۰	کمینه
اشکذر	۰,۱۶۴	بیشینه

ماخذ: مطالعات نگارندگان.

بر اساس جداول فوق، از لحاظ بارش:

ـ ایستگاه هواشناسی اشکذر، به لحاظ میانگین و بیشینه بارش در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، کمترین بارش را دارا می‌باشد.

بنابراین، در این فاکتور مورد مطالعه، ایستگاه اشکذر خشک‌ترین ایستگاه در استان یزد می‌باشد.

مخاطره خشکسالی با نمایه‌ها

■ **شاخص درصد نرمال بارندگی**

درصد نرمال بارندگی یکی از ساده‌ترین شاخص‌های خشکسالی است. این امر سبب شده تا محققین زیادی، به خصوص محققین استرالیایی از آن استفاده کنند. این شاخص از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$PNPI = \frac{P}{\overline{P}} \times 100$$

که در آن Pi بارندگی سال i و P میانگین بارندگی در سال‌های آماری است. این شاخص همواره مثبت بوده و از سمت پایین محدوده به صفر و از قسمت بالا از نظر تئوری محدودیتی ندارد (گلادول[1] و لوکس[2]، ۱۹۹۶: ۵۸). طبقات پایین این شاخص در جدول (۷) آمده است.

■ **شاخص معیار سالانه بارندگی**

بهترین روشی که برای تبدیل داده‌های خام بارندگی به اندازه‌های نسبی وجود دارد، این است که انحراف مقادیر بارندگی از میانگین را بر انحراف معیار تقسیم نمود. از این رو خلیلی استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در سالهای ۱۳۷۰ و ۱۳۷۷ به منظور بررسی روند خشکسالی و ترسالی در گستره ایران از (SIAP) استفاده می‌کند، که شاخص معیار بارندگی به‌صورت زیر می‌باشد:

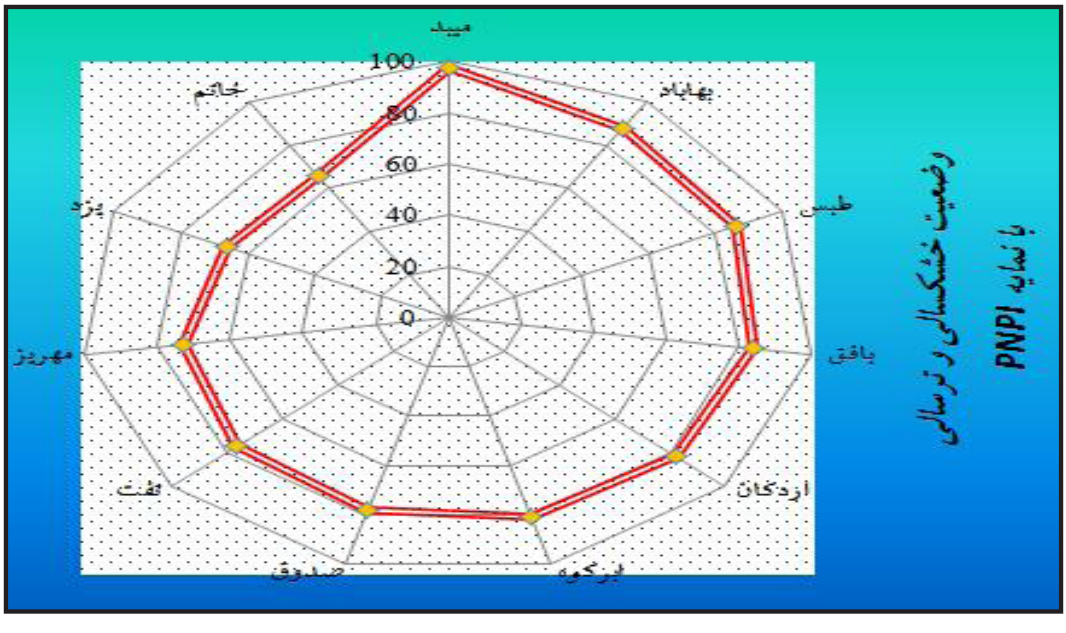
$$SIAP = \frac{P - \overline{P}}{SD}$$

SIAP معیار بارندگی سالانه، Pi بارندگی سال i، $\overline{P}$ میانگین بارندگی بلند مدت و SD انحراف معیار بارش در طول دوره آماری است؛ می‌توان از این شاخص برای بارندگی ماهانه نیز استفاده کرد.

جدول ۷. طبقات مختلف شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی

طبقات شدت خشکسالی	PNPI	SIAP
ترسالی خیلی شدید	*	بیشتر از۲۸ /۱
ترسالی شدید	*	۱/۲۸تا ۰/۸۴
ترسالی متوسط	*	۰/۸۴تا ۰/۵۲
ترسالی ملایم	*	۰/۵۲تا ۰/۲۵
نرمال	۸۰ تا ۱۲۰٪	۰/۲۵-تا۰/۲۵
خشکسالی ملایم	۷۰ تا ۸۰٪	۰/۲۵-تا ۰/۵۲-
خشکسالی متوسط	۵۵ تا ۷۰٪	۰/۵۲-تا ۰/۸۴-
خشکسالی شدید	۴۰ تا ۵۵٪	۰/۸۴- تا ۱/۲۸-
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از ۴۰٪	کمتر از ۱/۲۸-

مأخذ: مطالعات نگارندگان و فیروز آبادی و جمالی، ۱۳۹۱: ۸.

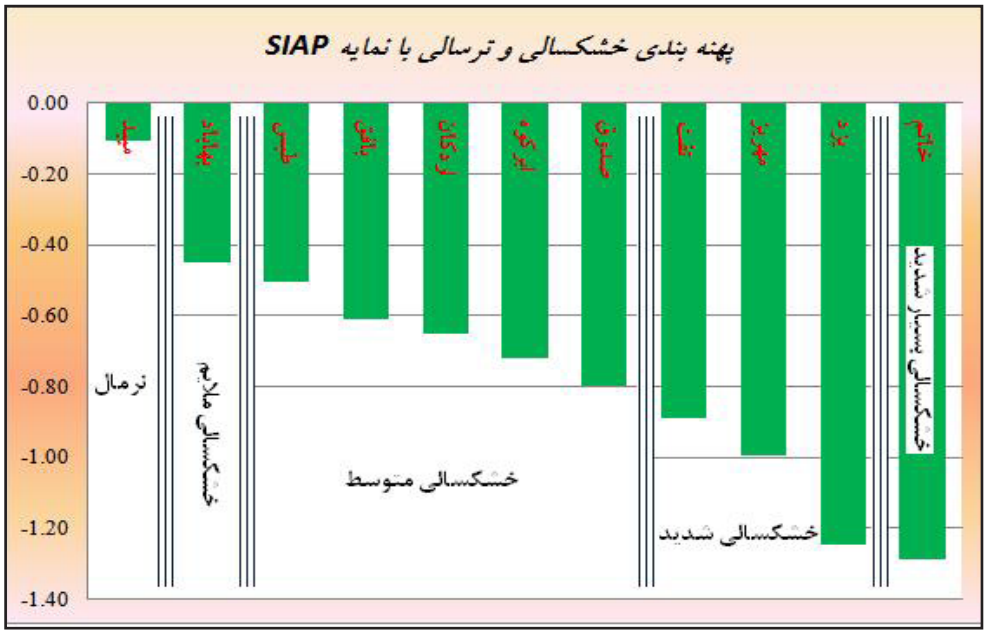


شکل ۵. وضعیت خشکسالی و ترسالی در استان یزد بر اساس نمایه PNPI

باتوجه به معادله فوق در خصوص شاخص PNPI و سپس با استفاده از مقیاس آن سال‌های ترسالی، خشکسالی و نرمال برای ایستگاه‌های

1. Gladwell.
2. Loucks.

مورد مطالعه تعیین شد. شکل فوق نمودار فراوانی خشکسالی براساس PNPI را نشان می‌دهد. این شاخص نشان می‌دهد تنها ایستگاه میبد در وضعیت نرمال و به ترتیب تقریباً ایستگاه خاتم، یزد، مهریز، تفت، صدوق، ابرکوه و اردکان در وضعیت خشکسالی بسیار شدید قرار دارند.



شکل ۶. وضعیت خشکسالی و ترسالی در ایستگاه‌های استان یزد بر اساس نمایه SIAP

نتیجه‌گیری

پدیده خشکسالی، اثرات منفی بزرگی بر منابع آب و محیط‌های وابسته به آن می‌گذارد و در برخی سال‌ها باعث خسارات جبران ناپذیری می‌شود. این خسارت‌ها در مناطق خشک که دیدگاه اقتصادی ساختار شکننده‌تری دارند، نمود بیشتری یافته و اثرات منفی ماندگاری را از جهات مختلف بر جای می‌گذارد. بر این اساس با توجه به رخداد مکانی این پدیده، بررسی‌های منطقه‌ای می‌تواند در شناخت و پیش بینی آن بسیار حائز اهمیت باشد. این موضوع توجه بیشتر به این بحران را توجیه می‌کند.

از نظر نمایه‌های آماری، مطالعه و بررسی‌های صورت گرفته با مدل و تکنیک TOPSIS و نیز نمایه‌های خشکسالی در استان یزد نشان داده است که شدت خشکسالی‌ها در کلیه شاخص‌های مورد مطالعه، وقوع این پدیده را در ایستگاه‌ها تعیین می‌کند؛ به طوری که دیده می شود، عدد فراوانی‌های بدست آمده از شدت‌های مختلف خشکسالی برای شاخص‌ها در هر ایستگاه نزدیک به‌هم و در مواردی کاملاً بر هم منطبق می‌باشند.

از نظر شاخص رطوبت ایستگاه هواشناسی اشکذر، به لحاظ کمینه رطوبت در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، کمترین و ایستگاه هواشناسی نیر، به لحاظ بیشینه رطوبت در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، کمترین رطوبت را دارا بوده است.

در شاخص دما ایستگاه هواشناسی طبس، به لحاظ کمینه دمایی در بین ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه، بالاترین دما را دارا بوده است. همچنین بر اساس نمایه SIAP که نتایج آن که بیان کننده وضعیت خشکسالی می‌باشد ایستگاه خاتم دارای بیشترین میزان (خشکسالی) بوده است. اما ایستگاه‌های تفت، مهریز و یزد در وضعیت خشکسالی شدید، ایستگاه‌های صدوق، ابرکوه، اردکان، بافق و طبس در وضعیت خشکسالی متوسط و ایستگاه‌های بهاباد و میبد به ترتیب خشکسالی ملایم و نرمال را دارا می‌باشند.

در نتیجه، در مناطق مورد مطالعه، امکان وقوع خشکسالی زیاد است و هرچه به سال‌های اخیر نزدیک‌تر می‌شویم، شدت خشکسالی در استان یزد، افزایش می‌یابد. لذا توجه به پدیده خشکسالی و نوسانات بارش در برنامه‌ریزی‌ها و مطالعات در حوزه منابع آب منطقه، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. همچنین قابلیت خشکسالی در مناطق آسیب‌پذیر بیشتر می‌باشد. بنابراین، با توجه به افزایش جمعیت شهری و مصرف آب در این بخش و بازده پائین بخش کشاورزی، هرگونه توسعه در منابع مصرف کننده آب مانند

صنایع و طرح‌های کشاورزی، باید با دقت فراوان صورت گیرد و مدیریت این مناطق به سمت کاهش مصرف آب حرکت کند.

منابع و مآخذ

منابع فارسی:

ابراهیمی، حسین (۱۳۸۴). بررسی اثر تغییر اقلیم بر مصارف آب کشاورزی دشت مشهد، رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد.

بنی واهب، علیرضا و علیجانی، بهلول (۱۳۸۴تابستان). بررسی خشکسالی، ترسالی و پیش بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدلهای آماری، مجله جغرافیا و توسعه۳۷(۵۲)صص۳۳-۴۶. بازیابی از:
http://fa.journals.sid.ir/ViewPaper.aspx?ID=37326

رحیم زاده، فاطمه؛ عسگری، احمدو نوحی، کیوان (تابستان۱۳۸۳). نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، صص۱۵۵-۱۷۱. بازیابی از:http://fa.journals.sid.ir/ViewPaper.aspx?ID=14985

علیجانی، بهلول و قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۴). مقایسه و پیش بینی تغییرات دمای سالانه‌ی تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره‌ی زمین با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و شبکه‌ی عصبی. مجله جغرافیا و توسعه۳(۶)، بازیابی از:magiran.com/p357543

مرکز آمار ایران (۱۳۸۵). سالنامه آماری استان یزد، استانداری یزد (دفتر تقسیمات کشوری استانداری یزد).

مرکز آمار ایران) ۱۳۹۰(. گزیده نتایج آماری.

مسعودیان، ابوالفضل (بهار وتابستان۱۳۸۲). تحلیل ساختار دمای ماهانه ایران، مجله پژوهشی اصفهان، ۱۵(۱و۲) صص۸۷-۹۶. بازیابی از:
http://fa.journals.sid.ir/ViewPaper.aspx?ID=28292

مودت، الیاس و ملکی، سعید (۱۳۹۲). سنجش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با مدل Vikor و GIS نمونه موردی شهر یزد، مجله آمایش شهری و منطقه‌ای، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۲(۵). بازیابی از:
http://gaij.usb.ac.ir

موسوی، حمید (۱۳۸۸). بررسی وضعیت و شدت خشکسالی و دوره های آن در سمنان با استفاده از شاخص DI. دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. بازیابی از:
http://www.civilica.com/Paper-NSDEM02-NSDEM02_026=

هواشناسی استان یزد، www.yazdmet.ir

منابع انگلیسی:

Bahime, D.A. (1980), Large-scale Droughts /Floods and Moonsoon Circulation,Mon.Wea.Rev.,108. moeseprints. incois.gov.in/1351/1/large%20scale.pdf

Ghil, M. and Vautard, R. (1991), Interdecadal Oscillations and the Warming Trend in Global Temperature Time Series, Science, 199:1065-1068. doi:10.1038/350324a0

Hasselman, K. (1997), Climate change: Are We Seeing Global Warming, Science, 276.

http://www.physics.ohio-state.edu/~perry/p596_au99/Assign/topics/warming.html

Heidari, H. (2006), plantand.drought, Research institute of forest and Rengelands publications.

Loucks, D.P., Gladwell, J.S. (1999), Sustainability Criteria for water Resources System, ambridge university.

North, G. R. , and Kim, K. Y. (1995), Detection of Forced Climate Signals, Part Π: Simulation results.

North, G. R.;Kim, K.Y.; Shen, S.P.; Hardin, J.W. (1995), Detection of Forced Climate Signals, art I: Filter theory. Journal of Climate,6:401-408. DOI: http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(1995)008<0401:DOFCSP>2.0.CO;2

Schlesinger, M. E. , and Ramankutty, N. (1994), An oscillation in the global climate system of period 65-70 years, Nature, 360. doi:10.1038/367723a0

Shanian, A. and Savadogo, O. (2006), TOPSIS multiplecriteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for polymer electrolyte fuel cell, Journal of Power Sources, Volum 159, Issue 2. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211812814004386

Takuhiro,T, Hideki, M.M. (2005), urban environmental climate map for community planning, koba university, koba,gapan. www.kenken.go.jp/japanese/information/information/event/h2.pdf