

ژئوفیزیک بیش تر از مناطق شمالی از قبیل شمیرانات می باشد.

واژه های کلیدی: استان تهران، پهنه بندی خشکسالی، شاخص های خشکسالی، وضعیت خشکسالی

### مقدمه

علل وقوع پدیده خشکسالی را می توان معلول عوامل فیزیکی و مکانی متعددی که عمدتاً ریشه در گردش عمومی جو و بیلان انرژی کره زمین دارد، جستجو کرد. خشکسالی را می توان معلول یک دوره خشک غیرعادی دانست که به اندازه کافی تداوم داشته باشد تا عدم تعادل در وضعیت هیدرولوژیکی منطقه ایجاد گردد [۲۰].

قرار گرفتن روی کمر بند خشک جهان و ایجاد شرایط خاص سینوپتیکی همواره سبب وقوع پدیده خشکسالی در کشور ایران گردیده است [۸]. خشکسالی، به ویژه کمبود بارش از جمله عوارضی است که همگام با دخالت های نابجای انسان در طبیعت، محدودیت منابع آب را تشدید می کند. اثرات یک خشکسالی ممکن است در مناطق مختلف آب و هوایی با هم تفاوت داشته باشند، بطوریکه هر چه منطقه مورد مطالعه به کمر بند خشک آب و هوایی جهان نزدیکتر باشد به همان نسبت شدت آن بیش تر است بنحوی که اثرات آن در سال های بعدی از طریق کاهش آب قنات و سفره های زیرزمینی ظاهر می شود [۱۵]. خشکی و خشکسالی دو پدیده جدا از هم هستند بطوری که خشکی ویژگی های ذاتی یک منطقه ولی خشکسالی یک پدیده اتفاقی است.

بارش عمده ترین پارامتری است که در تعریف خشکسالی بکار رفته است بدین معنی که خشکسالی و ترسالی در مقایسه با کم تر یا بیش تر بودن ریزش های جوی از میانگین بارندگی یک منطقه سنجیده می شوند، بنابراین یکی از چالش های اصلی در پایش خشکسالی تعیین شاخصی است که متناسب با هدف مورد بررسی نتایج قابل اطمینانی را برای منطقه مورد نظر به همراه داشته باشد [۲۴]. بنابراین شاخص های خشکسالی یکی از مهم ترین ابزارهای پایش آن هستند که در ایران و جهان برای پهنه بندی و پایش خشکسالی از انواع مختلف آن استفاده می کنند.

مککی و همکاران [۱۷] برای اولین بار از شاخص SPI برای پایش خشکسالی در ایالت کلرادو بهره گرفتند. ایشان شاخص SPI را در مقیاس های زمانی کوتاه مدت برای اهداف کشاورزی و در مقیاس های زمانی بلندمدت برای اهداف هیدرولوژی استفاده

## پایش وضعیت اقلیمی استان تهران با استفاده از شاخص های ارزیابی خشکسالی

حسین یوسفی<sup>۱\*</sup>، محمد سارانی راد<sup>۲</sup>، علی محمدی<sup>۳</sup>

و محمدحسین جهانگیر<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۲۵

### چکیده

سیستم پایش از مقدمات لازم در طرح های مقابله با خشکسالی بوده که مقیاس زمانی نقش تعیین کننده ای در قابلیت و کارایی آن دارد. یکی از موارد مهم در پایش و بررسی خشکسالی استفاده از شاخص هایی است که بتوان براساس آن ها میزان شدت، تداوم و بزرگی خشکسالی را در یک منطقه ارزیابی کرد. در این تحقیق از اطلاعات هشت ایستگاه سینوپتیک استان تهران طی دوره ای ۱۸ ساله (۱۳۷۷-۱۳۹۵) برای پایش وضعیت خشکسالی استفاده شد. به این منظور با استفاده از شاخص خشکسالی هواشناسی درصد بارش نرمال<sup>۴</sup> (PNPI)، شاخص روش استانداردسازی (Z)، شاخص دهک (DI) و شاخص بارش سالانه استاندارد<sup>۵</sup> (SIAP) وضعیت استان مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین از روش کمینه مقدار بارش برای انتخاب شاخص مناسب استفاده شد که نتایج نشان داد که در تمامی ایستگاه ها به جز ایستگاه فیروزکوه همزمان با سال وقوع کمینه مقدار بارش تمامی شاخص های مورد بررسی، طبقه خشکسالی شدید و خشکسالی با شدت خیلی زیاد زیر نرمال بودند که بیش تر خشکسالی های بسیار شدید در ماه های خرداد، تیر، مرداد و شهریور به وقوع پیوسته است و در اکثر مواقع نمی تواند منجر به تعیین شاخص یکتا گردد. بیشترین (ترسالی ۱/۵۴) مربوط به ایستگاه ابعلی در ماه اسفند و بیشترین خشکی شدید (۱/۶۲-) در ماه شهریور به ایستگاه فیروزکوه اختصاص یافته است. همچنین با پهنه بندی که صورت گرفت مشخص شد که شدت خشکسالی در مناطق جنوبی از جمله

۱. استادیار، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، نویسنده مسئول  
 Email: hosseinyousefi@ut.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۳. استادیار، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

4. Precipitation Index Percent of Normal

5. Standard Index of Annual Precipitation

نمودند. جاین و همکاران [۱۰] به ارزیابی خشکسالی در سه منطقه در هند پرداختند. ایشان در تحقیق خود همبستگی بین شاخص SPI را با شاخص‌های پوشش گیاهی تحت عناوین شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده، شاخص تأمین آب پوشش گیاهی و شاخص شرایط پوشش گیاهی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در محاسبه شاخص پوشش گیاهی حوضه از اطلاعات ماهواره‌ای استفاده نمودند که نتایج حاکی از کارایی مناسب اطلاعات ماهواره‌ای جهت پایش حوضه در شرایط خشکسالی بوده است. مطالعه‌ای با عنوان بررسی نوسانات بارش، پیش‌بینی و تعیین فصول مرطوب و خشک زمستانه آذربایجان شرقی با روش تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی انجام شد و به منظور تعیین کمی و تفکیک فصل مرطوب و فصل خشک، روش بارش استاندارد شده به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که فصول خشک از توالی و تداوم بیش‌تری نسبت به فصول مرطوب برخوردارند. این امر در پیدایش پدیده خشکسالی بی‌تأثیر نمی‌باشد [۱۴].

در تحقیقی توسط قبادی سق و مساعدی [۲۳] هشت شاخص خشکسالی شامل معیار بارندگی سالانه، دهک‌ها، درصد نرمال، ناهنجاری بارش، بارش استاندارد شده، Z چینی، نمره Z و شاخص خشکسالی بازسازی شده در طی یک دوره (۱۹۵۷-۲۰۰۷) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از ارزیابی روش کمینه مقدار بارش برای انتخاب شاخص مناسب نشان داد که اکثر شاخص‌های فوق در سال وقوع کمینه مقدار بارش، یکی از دو وضعیت خشکسالی شدید یا بسیار شدید را نشان می‌دهند و در بیش‌تر موارد نمی‌تواند منجر به تعیین شاخص یکتا شوند.

بینش و همکاران [۳] در مطالعه‌ای، وضعیت خشکسالی و ترسالی حوزه آبخیز کن را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از روش رگرسیون خطی و آزمون گرافیکی من-کندال برای تعیین روند و نقاط تغییر در بارش حوضه برای بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۹۳ استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که طی دهه ۱۳۷۰ این حوضه با خشکسالی خفیف و متوسط مواجه بوده، اما پس از آن، روند خشکی و ترسالی یکنواخت نبوده و از سالی به سال دیگر متغیر بوده است. نتایج پایش خشکسالی با استفاده از شاخص SPI توسط عیوضی و همکاران نشان داد که وسیع‌ترین خشکسالی در مقیاس سالانه در سال ۱۳۶۳-۶۴ رخ داده است که ۵۴ درصد از سطح استان دچار خشکسالی بوده است.

انصافی مقدم [۶] به بررسی کارایی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی DI, ZSI, SPI, PN در حوضچه دریاچه نمک پرداخت و در پایان بیان داشت جهت تحلیل وضعیت خشکسالی، شاخص‌های SPI و DI در جایگاه نخست، شاخص‌های ZSI و PN به ترتیب

1. Deciles Index (DI)
2. Precipitation Normal Index (PI)
3. Rainfall Anomaly Index (RAI)
4. Standardized Precipitation Index (SPI)
5. China Z Index
6. Reconnaissance Drought Index (RDI)

در جایگاه دوم و سوم قرار دارند. آنچه که تاکنون در تمامی مطالعات این حوزه به آن اشاره شده این است که خشکسالی یکی از مخاطرات اصلی مؤثر بر اقتصاد و محیط زیست در مناطق وسیع بشمار می‌رود [۲۲، ۴، ۲۵]. خشکسالی باعث از بین رفتن محصول [۱۱، ۱۵]، کمبود تأمین آب شهری [۵] بیابان‌زایی و آتش‌سوزی جنگل [۲۱] می‌شود. یکی از موارد مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی برای هر منطقه شاخص‌هایی است که بتوان براساس آن میزان شدت، تداوم و بزرگی خشکسالی را در یک منطقه ارزیابی کرد. البته فاکتورهای مورد استفاده در هر کدام و مقیاس زمانی که شاخص محاسبه می‌نماید نیز متفاوت می‌باشد بنابراین یک شاخص خشکسالی مطلوب باید بتواند شرایط کوتاه مدت خشکی را که در حال گسترش است منعکس کند و لذا به انواع خشکسالی‌های کشاورزی، هواشناسی، هیدرولوژیکی واکنش نشان داده و محدود به یک فصل خاص نباشد و بتواند خشکسالی را از نظر مکانی مثل منطقه‌های جوی مرطوب یا خشک مقایسه نماید. هدف اصلی این تحقیق، محاسبه شاخص‌ها، طبقه‌بندی خشکسالی، درجات شدت خشکسالی و ترسالی، شناسایی نواحی مستعد خشکسالی و همچنین پهنه‌بندی خشکسالی در استان تهران می‌باشد. در این مطالعه سعی شد تا با استفاده توامان از چند شاخص، تجزیه و تحلیل کاربرد و کارایی هر کدام از شاخص‌ها بیان گردد.

## مواد و روش‌ها

### محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه استان تهران بوده که در شمال و شمال غرب کشور واقع شده است. با توجه به تقسیمات کشوری که در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت استان تهران وسعتی حدود ۱۳۶۹۲ کیلومتر مربع داشته و بین مختصات ۲۲° - ۳۴° تا ۳۰° - ۳۶° درجه عرض شمالی و ۳۰° - ۵۰° تا ۳۰° - ۵۳° درجه طول شرقی واقع شده است. استان تهران از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان قم، از جنوب غربی به استان مرکزی، از غرب به استان البرز و از شرق به استان سمنان محدود می‌شود (شکل ۱). در نواحی مختلف استان تهران به علت موقعیت ویژه جغرافیایی، آب و هوای متفاوتی شکل گرفته است. سه عامل جغرافیایی دشت کویر، رشته کوه‌های البرز و بادهای مرطوب غربی در ساخت کلی اقلیم استان تهران نقش مؤثری دارند و استان تهران را به سه بخش اقلیمی ارتفاعات شمالی، کوهپایه و خشک و نیمه خشک تقسیم کرده است. بارش معمولاً در زمستان‌ها زیاد است به نحوی که متوسط بارندگی سالانه به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی موجود در این استان، حدود ۲۳۳ میلی‌متر و دمای حاصله بین میانگین کمینه و بیشینه ۱۱/۹ و ۲۲/۷ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است، همچنین تعداد روزهای یخبندان سالانه ۴۷ روز می‌باشد. هوای تهران در مناطق کوهستانی دارای آب و هوای معتدل و در جنوب و دشت، نیمه‌خشک است. بیش‌ترین ارتفاع استان تهران در شمال غربی آن با ارتفاع ۲۹۸۵ متر و کم‌ترین ارتفاع در جنوب غربی آن به ارتفاع ۷۵۳ متر است.

## روش تحقیق

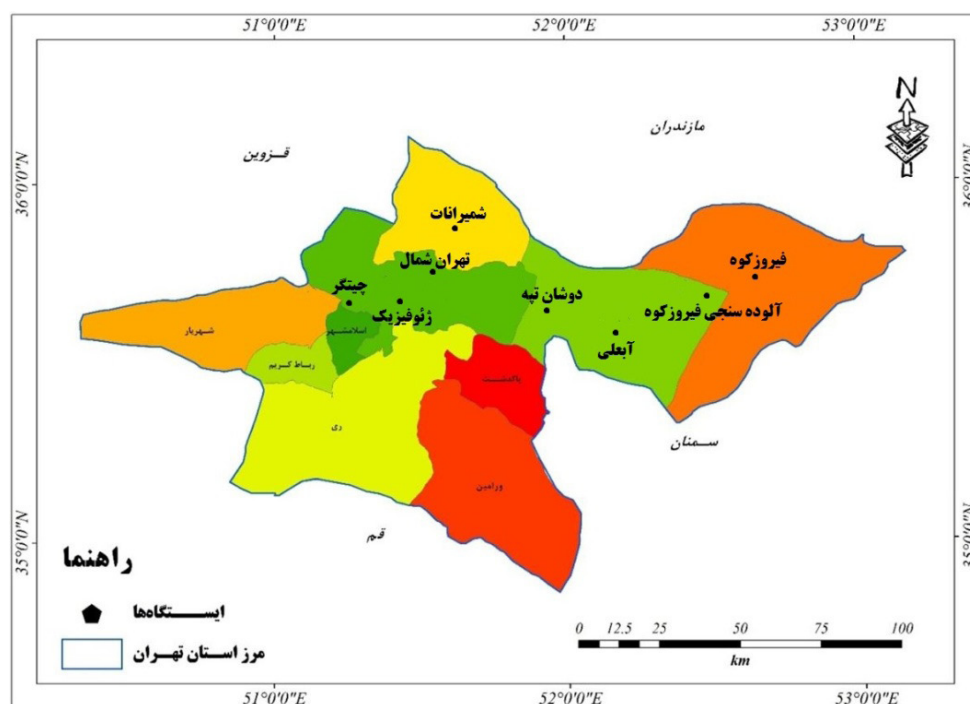
### استخراج و آماده سازی داده‌ها

برای استخراج و آماده سازی داده‌های بارندگی مراحل زیر انجام گرفت.

انتخاب ایستگاه‌ها و استخراج داده‌های اقلیمی: پس از تعیین موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز استان تهران، حدود ۱۲ ایستگاه در این حوزه آبخیز که دارای آمار طولانی مدت بودند انتخاب و به منظور داشتن میانگین قابل اعتماد از بین ایستگاه‌های موجود چهار

ایستگاه به علت نداشتن آمار طولانی مدت از فهرست ایستگاه‌ها حذف شدند. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌ها آورده شده است. انتخاب پایه زمانی مشترک یا دوره شاخص آماری: تمامی ایستگاه‌های فوق دارای یک دوره آماری ۱۸ ساله دارای به صورت کامل هستند که در جدول ۲ متوسط بارندگی‌های هر ایستگاه آورده شده است.

بررسی درستی و همگنی داده‌ها: در بررسی درستی و همگنی داده‌ها از دو روش آزمون جرم مضاعف و آزمون توالی استفاده شده



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های منتخب در استان تهران

| نام ایستگاه            | ارتفاع (متر) | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | طول دوره آماری (سال) |
|------------------------|--------------|---------------|---------------|----------------------|
| دوشان تپه              | ۱۲۰۹/۲       | ۳۵° - ۴۲'     | ۵۱° - ۲۰'     | ۴۲                   |
| فیروز کوه              | ۱۹۷۵/۶       | ۳۵° - ۵۵'     | ۵۲° - ۲۰'     | ۲۱                   |
| شمیران                 | ۱۵۴۸/۲       | ۳۵° - ۵۹'     | ۵۱° - ۵۲'     | ۲۶                   |
| چیتگر                  | ۱۳۰۵/۲       | ۳۵° - ۳۵'     | ۵۱° - ۱۰'     | ۱۸                   |
| ژئوفیزیک               | ۱۴۱۸/۶       | ۳۵° - ۴۴'     | ۵۱° - ۲۳'     | ۲۳                   |
| آلوده سنجی<br>فیروزکوه | ۲۹۸۵/۷       | ۳۵° - ۴۳'     | ۵۲° - ۱۵'     | ۱۹                   |
| آبعلی                  | ۲۴۶۵/۲       | ۳۵° - ۴۵'     | ۵۲° - ۱۷'     | ۳۱                   |
| تهران شمال             | ۱۵۴۹/۱       | ۳۵° - ۴۸'     | ۵۱° - ۲۹'     | ۶۳                   |

جدول ۲- مقادیر متوسط بارندگی ماهانه در ایستگاه‌های منتخب در طول دوره مورد مطالعه (میلی‌متر)

| ایستگاه                | دی    | بهمن  | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر   | مرداد | شهریور | مهر   | آبان  | آذر   |
|------------------------|-------|-------|-------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| دوشان تپه              | ۳۷/۸۴ | ۳۱/۶۸ | ۳۸/۶۶ | ۳۴/۲۹   | ۱۲/۷۲    | ۳/۴۴  | ۳/۶۶  | ۲/۰۹  | ۱/۷۸   | ۱۳/۵۳ | ۳۰/۹۸ | ۳۸/۳۵ |
| آلوده سنجی<br>فیروزکوه | ۴۷/۸۶ | ۵۳/۸۲ | ۵۷/۰۸ | ۴۸/۷۱   | ۳۲/۶۴    | ۱۵/۰۱ | ۲۰/۸  | ۲۱/۵۳ | ۱۴/۳۵  | ۲۳/۴۳ | ۴۱/۰۸ | ۴۱/۷۷ |
| فیروزکوه               | ۳۲/۲۹ | ۳۳/۴۹ | ۳۶/۱۵ | ۳۴/۷۸   | ۲۴/۴۴    | ۱۳/۰۷ | ۱۹/۳۹ | ۱۵/۱۴ | ۹/۰۳   | ۱۶/۱۶ | ۲۷/۷۷ | ۳۰/۱۷ |
| شمیران                 | ۶۱/۶۲ | ۶۲/۶۲ | ۶۶/۹۹ | ۵۵/۰۵   | ۲۱/۱۴    | ۴/۵۷  | ۵/۶۲  | ۵/۰۷  | ۴/۶۲   | ۲۵/۹۸ | ۵۰/۵۲ | ۶۳/۳۳ |
| ژئوفیزیک               | ۴۸/۰۴ | ۴۳/۱۴ | ۵۱/۷۱ | ۴۲/۸۲   | ۱۴/۹۹    | ۳/۸۳  | ۴/۱۴  | ۳/۵۲  | ۲/۵۳   | ۲۰/۰۸ | ۳۷/۳۸ | ۴۵/۸۳ |
| آبعلی                  | ۶۳/۳۹ | ۷۱/۴۵ | ۸۹/۰۴ | ۶۸/۰۳   | ۳۷/۵۷    | ۱۱/۰۲ | ۱۴/۴۶ | ۱۲/۳۹ | ۸/۶۹   | ۳۳/۹۳ | ۶۵/۸۵ | ۶۴/۸۷ |
| چیتگر                  | ۳۵/۹۹ | ۱۳/۱۵ | ۳۸/۴۳ | ۳۸/۳۹   | ۱۲/۹۳    | ۱/۷۶  | ۳/۵۴  | ۲/۸۲  | ۱/۴۱   | ۱۸/۴۵ | ۳۲/۴۹ | ۳۷/۶۸ |
| تهران شمال             | ۳۵/۲۱ | ۳۰/۱۶ | ۳۸/۶۶ | ۳۳/۸۶   | ۱۲/۲۲    | ۲/۳   | ۲/۶   | ۲/۱۱  | ۱/۲۹   | ۱۴/۰۱ | ۲۸/۵۸ | ۳۳/۹۹ |

با آن پدیده باشد اما این موضوع در مورد شاخص PNPI در نظر گرفته نشده است.

#### روش (Z)

نمره‌های استاندارد (Z)، وضعیت نمره‌ها نسبت به میانگین را تعیین می‌کنند. به بیان دیگر نمره استاندارد، بیانگر آن است که مقادیر یک متغیر با چند درصد انحراف بیش‌تر یا کم‌تر از میانگین آن متغیر قرار دارد. نمره استاندارد همان نمره انحراف استاندارد است که بر اثر تبدیل نمره‌های خام به نمرات استاندارد توزیعی بدست می‌آید که دارای میانگین صفر و انحراف استاندارد یک است. با دانستن نمره Z بلافاصله می‌توان وضعیت نمره خام را نسبت به میانگین توزیع معین نمود. نمره Z از طریق رابطه ۲ بدست می‌آید [۲]:

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{S \times D} \quad (2)$$

که در آن،  $X_i$ ، بارش ماه مورد نظر،  $\bar{X}$ ، میانگین نمرات و  $S \times D$

جدول ۳- طبقه‌بندی شدت خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص PNPI [۱۳]

| کد | طبقه               | درصد PNPI    |
|----|--------------------|--------------|
| ۱  | خشکسالی بسیار شدید | کمتر از ۴۰   |
| ۲  | خشکسالی شدید       | ۴۰ تا ۵۵     |
| ۳  | خشکسالی متوسط      | ۵۵ تا ۷۰     |
| ۴  | خشکسالی ضعیف       | ۷۰ تا ۸۰     |
| ۵  | نرمال              | ۸۰ تا ۱۲۰    |
| ۶  | نیمه مرطوب         | ۱۲۰ تا ۱۳۰   |
| ۷  | مرطوب              | ۱۳۰ تا ۱۴۵   |
| ۸  | نسبتاً مرطوب       | ۱۴۵ تا ۱۶۰   |
| ۹  | بسیار مرطوب        | بیشتر از ۱۶۰ |

و در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی اعمال گردید. بازسازی نواقص آماری: در بین داده‌های بارندگی ایستگاه‌های موجود هیچگونه ایستگاهی دارای آمار ناقص نبوده و داده‌ها همگن بودند.

#### معرفی شاخص‌ها

##### شاخص درصد بارش نرمال<sup>۱</sup>

این شاخص توسط ویلکی [۲۶] ارائه شد و از تقسیم مقدار واقعی بارش بر بارش نرمال و ضرب آن در عدد ۱۰۰ بدست می‌آید (رابطه ۱).

$$PNPI = \frac{P}{\bar{P}} \times 100 \quad (1)$$

این شاخص برای بازه‌های مختلف زمانی (بارش ماهانه، فصلی، سالانه، روزانه) محاسبه می‌شود که محاسبه این شاخص نیازمند داشتن مجموع بارندگی‌های ماه مورد نظر (P) و میانگین بارش ماهانه بلند مدت ( $\bar{P}$ ) برای دوره‌های مورد مطالعه است. همچنین مقادیر طبقه‌بندی شدت خشکسالی و ترسالی و نمایه درصد نرمال بارندگی در جدول ۳ آمده است. یکی از مشکلات کاربرد شاخص بارش درصد نرمال این است که متوسط بارندگی اغلب با میانه بارش در یک دوره بارش اقلیمی بلند مدت تفاوت دارد. علت وقوع چنین حالتی این است که بارندگی ماهانه یا فصلی از یک توزیع نرمال پیروی نمی‌کند در صورتی که شاخص درصد بارش نرمال بر یک توزیع نرمال دلالت دارد که در آن میانه و میانگین یکی است.

در تبیین شدت خشکسالی و خسارت‌های ناشی از آن علاوه بر درصد انحراف از میانگین، آب موجود، شرایط طبیعی محیط و میزان سازگاری محیط با خشکسالی نیز اهمیت دارد. فراوانی وقوع یک پدیده می‌تواند شاخصی از طبیعی بودن آن و میزان سازگاری محیط

۱ -Percent Normal Precipitation Index

جدول ۴- طبقه‌بندی درجات شدت خشکسالی و ترسالی در روش Z [۲]

| دوره خشک   | نمره Z            | دوره مرطوب  | نمره Z            |
|------------|-------------------|-------------|-------------------|
| خشکی شدید  | $Z < -1/5$        | رطوبت شدید  | $Z < +1/5$        |
| خشکی متوسط | $-1/5 < Z < -0/5$ | رطوبت متوسط | $+1/5 < Z < +0/5$ |
| خشکی ضعیف  | $0 < Z < +0/5$    | رطوبت کم    | $0 < Z < +0/5$    |

جدول ۵- طبقه‌بندی خشکسالی بر اساس روش دهک‌ها [۱۹]

| شماره دهک | طبقه اقلیمی        | مقدار درصد وقوع |
|-----------|--------------------|-----------------|
| اول       | خشکسالی بسیار شدید | کمتر از ۱۰ درصد |
| دوم       | خشکسالی شدید       | ۱۰ - ۲۰         |
| سوم       | خشکسالی            | ۲۰ - ۳۰         |
| چهارم     | تقریباً نرمال      | ۳۰ - ۴۰         |
| پنجم      | نرمال              | ۴۰ - ۵۰         |
| ششم       | نرمال              | ۵۰ - ۶۰         |
| هفتم      | رطوبت کم           | ۶۰ - ۷۰         |
| هشتم      | مرطوب              | ۷۰ - ۸۰         |
| نهم       | بسیار مرطوب        | ۸۰ - ۹۰         |
| دهم       | فوق                | ۹۰ - ۱۰۰        |

جدول ۶- طبقات مختلف شاخص SIAP [۲۳]

| شاخص معیار بارندگی (SIAP) | طبقات شدت خشکسالی  |
|---------------------------|--------------------|
| +۰/۲۵ تا -۰/۲۵            | نرمال              |
| -۰/۲۵ تا -۰/۵۲            | خشکسالی ضعیف       |
| -۰/۵۲ تا -۰/۸۴            | خشکسالی متوسط      |
| -۰/۸۴ تا -۱/۲۸            | خشکسالی شدید       |
| کمتر از -۱/۲۸             | خشکسالی بسیار شدید |

توجه به جدول ۵ تعیین خواهد شد.

#### شاخص بارش سالانه استاندارد<sup>۱</sup>

در این شاخص ابتدا مجموع بارش‌ها در یک سال را از میانگین مجموع بارش در یک دوره آماری کم کرده و جواب حاصل در مرحله بعد بر انحراف معیار داده‌های دوره آماری مورد نظر تقسیم می‌شود که معادله آن به شرح رابطه ۳ و طبقه‌بندی آن مطابق جدول ۶ می‌باشد [۲۳].

$$SIAP = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (3)$$

که در رابطه ۳،  $P_i$  مقدار بارندگی،  $\bar{P}$  میانگین بارندگی و SD انحراف معیار سری بارندگی می‌باشد.

نتایج حاصل از این روش همانند روش شاخص Z بوده اما طبقات شدت خشکسالی در دو روش با هم متفاوت است.

#### نتایج

در این مطالعه پس از استخراج و آماده‌سازی داده‌های بارش ایستگاه‌های موجود در استان، متوسط بارندگی‌های هر ایستگاه در طول دوره آماری مشخص شد که در جدول ۲ آورده شده است. در ادامه متوسط بارندگی‌های هر ایستگاه در طول دوره آماری، برای هر

انحراف معیار بارش در طول دوره مورد نظر می‌باشد.

از معایب نمره Z این است که به راحتی نمی‌توان آن را تفسیر کرد و از طرفی این نمره در برخی از موارد منفی و اعشاری بدست می‌آید و همین امر موجب می‌شود که بعضاً قابل فهم نباشند طبقه‌بندی درجات خشکسالی و ترسالی در این روش به صورت جدول ۴ ارائه شده است.

#### روش دهک‌ها

روش دهک‌ها بعنوان یک شاخص هواشناسی جهت پایش خشکسالی توسط سیستم مراقبت خشکسالی کشور استرالیا انتخاب شده است این شاخص در سال ۱۹۶۷ توسط گیس و ماهر [۹] به منظور جلوگیری از نواقص موجود در روش درصد نرمال ارائه شد. در این روش، توزیع احتمال وقوع بارندگی ثبت شده در یک دوره طولانی مدت به ده بخش بنام دهک تقسیم می‌شود. بطوریکه دهک اول معرف بارشی است که ده درصد مقادیر بارش از آن کم‌تر باشد. بطور کلی دهک n ام نشان‌دهنده مقدار بارشی است که ده درصد مقادیر بارش از آن کم‌تر باشد. لذا در این روش فاصله بین کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار بارش در طول دوره آماری در هر ایستگاه به ده قسمت تقریباً مساوی تقسیم شده و با توجه به قرارگیری مقدار بارندگی در هر دوره در یکی از دهک‌ها وضعیت آب و هوایی با

1. Standard Index of Annual Precipitation

ماه برای محاسبه شاخص درصد بارش نرمال و شاخص Z همچون سایر شاخص‌ها وارد محیط نرم افزار MATLAB گردید و مقادیر هر یک از شاخص‌ها، برای هشت ایستگاه موجود در منطقه مورد مطالعه، محاسبه شد. وضعیت خشکسالی با توجه به مقادیر به دست آمده برای هر ایستگاه در طول ۱۲ ماه طبقه‌بندی شد که نتایج در قالب نمودار و جدول ارائه شده است.

به منظور آگاهی از خصوصیات کمی و کیفی و همچنین بررسی فصلی داده‌های بارندگی در ایستگاه‌های موجود ابتدا به برآزش داده‌های خام بارش از نظر آمار توصیفی پرداخته و پارامترهای آماری آن‌ها محاسبه شد که در جدول ۷ درج گردیده است.

تجزیه و تحلیل اطلاعات بارش ایستگاه‌های مختلف نشان داد که به طور متوسط کم‌ترین میزان بارندگی ۱/۲۹ میلی‌متر و مربوط به ایستگاه تهران شمال و بیش‌ترین بارش مربوط به ایستگاه آبدلی

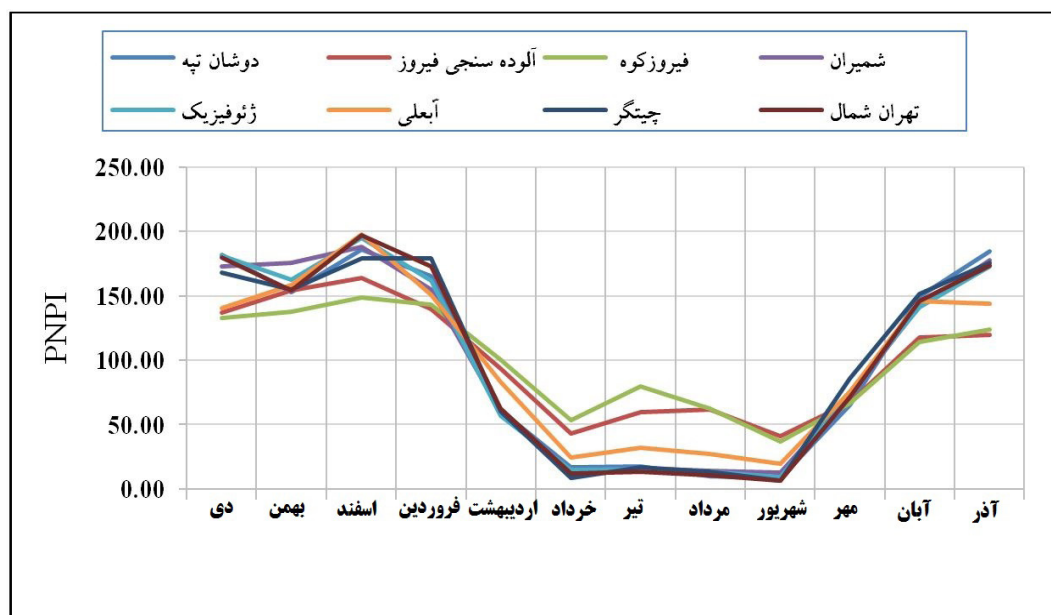
با ۸۹/۰۴ میلی‌متر بوده است. ضریب تغییرات از ۳۸/۷۸ درصد در ایستگاه فیروزکوه تا ۷۷/۳۶ درصد برای ایستگاه تهران شمال متغیر است. بیش‌تر بودن شاخص ضریب تغییرات از ۴۰ درصد در بارش بجز ایستگاه فیروزکوه نشان‌دهنده بی‌نظمی بارش می‌باشد. لذا ضریب تغییرات بالا در این تحقیق نشان می‌دهد که بارش‌ها در استان تهران نامنظم و با تغییرپذیری بالا همراه بوده است.

#### شاخص درصد بارش نرمال

در این روش پس از آنکه داده‌های حقیقی بارش به ارقام PNPI تبدیل شد. با استفاده از جدول مقیاس، طبقه‌بندی دوره‌های مرطوب، نرمال و خشک برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه می‌شود شکل ۲ نتایج بکارگیری این روش را نشان می‌دهد. با استفاده از شاخص فوق مشخص شد که در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه ایستگاه ژئوفیزیک

جدول ۷- ویژگی آماری بارش در ایستگاه‌های تهران طی دوره مورد مطالعه

| ایستگاه‌ها    | پارامتر | دوشان تپه | آلوده‌سنجی<br>فیروزکوه | فیروزکوه | شمیران | چیتگر | ژئوفیزیک | آبعلی | تهران شمال |
|---------------|---------|-----------|------------------------|----------|--------|-------|----------|-------|------------|
| کمینه         | ۱/۷۸    | ۱۴/۳۵     | ۹/۰۳                   | ۴/۵۷     | ۱/۴۱   | ۲/۵۳  | ۸/۶۹     | ۱/۲۹  |            |
| بیشینه        | ۳۸/۶۶   | ۵۷/۰۸     | ۳۶/۱۵                  | ۶۶/۹۹    | ۳۸/۴۳  | ۵۱/۷۱ | ۸۹/۰۴    | ۳۸/۶۶ |            |
| میانگین       | ۲۰/۷۵   | ۳۴/۸۴     | ۲۴/۳۲                  | ۳۵/۵۹    | ۲۱/۴۲  | ۲۶/۵۰ | ۴۵/۰۶    | ۱۹/۵۸ |            |
| دامنه تغییرات | ۳۶/۸۸   | ۴۲/۷۳     | ۲۷/۱۲                  | ۶۲/۴۲    | ۳۷/۰۲  | ۴۹/۱۸ | ۸۰/۳۵    | ۳۷/۳۷ |            |
| انحراف معیار  | ۱۵/۸۰   | ۱۵/۴۵     | ۹/۴۳                   | ۲۶/۶۶    | ۱۶/۰۹  | ۲۰/۰۶ | ۲۸/۵۸    | ۱۵/۱۵ |            |
| ضریب تغییرات  | ۷۶/۱۴   | ۴۴/۳۵     | ۳۸/۷۸                  | ۷۴/۹۰    | ۷۵/۱۱  | ۷۵/۶۸ | ۶۳/۴۳    | ۷۷/۳۶ |            |
| چولگی         | ۰/۰۹    | ۰/۰۱      | -۰/۲۸                  | -۰/۱۱    | -۰/۲۲  | -۰/۱۰ | -۰/۰۷    | -۰/۱۱ |            |
| کشیدگی        | -۲/۷    | -۱/۶۵     | -۱/۵۱                  | -۲/۰۶    | -۲/۰۳  | -۲/۰۲ | -۱/۶۵    | -۲/۰۱ |            |



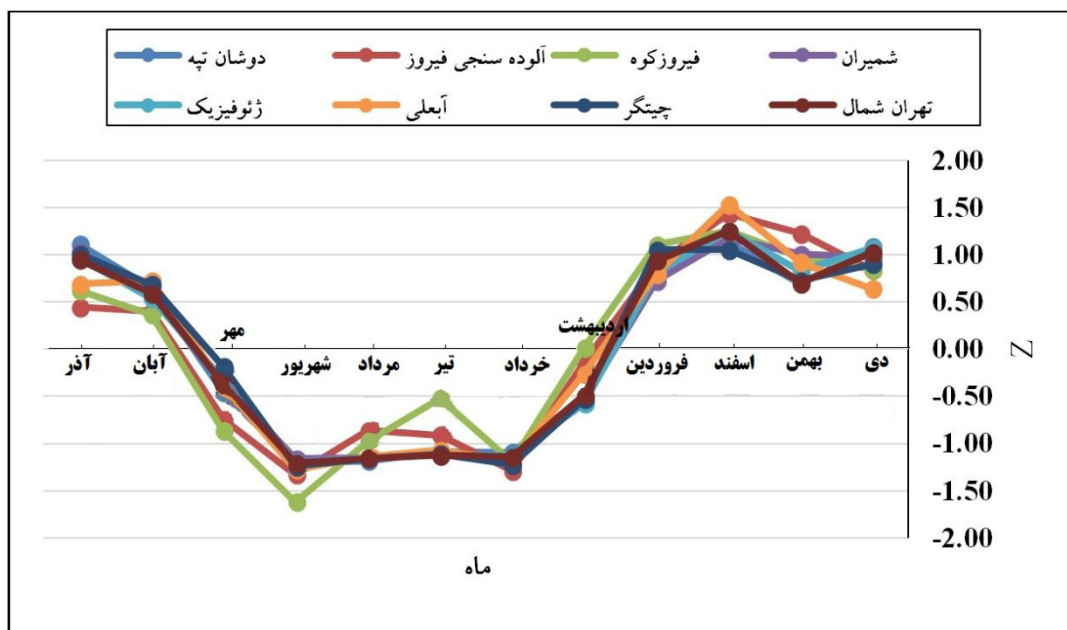
شکل ۲- شاخص درصد بارش نرمال (PNPI) برای ایستگاه‌های موجود در طول دوره آماری (متوسط ماهانه در دراز مدت)

پنج ماه (ماه‌های بهمن، آذر، دی، اسفند، فروردین)، ایستگاه‌های دوشان تپه، شمیران، چیتگر و تهران شمال چهار ماه، ایستگاه‌های آبدلی و آلوده سنجی فیروزکوه یک‌ماه و ایستگاه فیروزکوه بدون ماه بسیار مرطوب، دوره مورد مطالعه را سپری کرده‌اند.

متوسط بوده است. بیش‌ترین Z (ترسالی ۱/۵۴) مربوط به ایستگاه آبدلی در ماه اسفند و بیش‌ترین خشکی شدید (۱/۶۲-) برای ایستگاه فیروزکوه در ماه شهریور بوده و ایستگاه تهران با دو دوره خشکی ضعیف در ماه اردیبهشت و شهریور روبرو بوده است. شکل (۳). همچنین نتایج حاصل از روش SIAP همانند روش شاخص Z بوده اما طبقات شدت خشکسالی در دو روش با هم متفاوت است. در این استان نتایج تمام شاخص‌ها نزدیک به هم بدست آمد.

#### شاخص Z score

بر اساس طبقه‌بندی که در جدول ۱۰ برای شاخص Z انجام شد، خشکسالی اکثر ایستگاه‌ها در محدوده خشکی متوسط تا رطوبت



شکل ۳- شاخص روش استاندارد سازی (Z) برای ایستگاه‌های منتخب در طول دوره آماری (متوسط ماهانه در دراز مدت)

جدول ۸- محاسبه شاخص روش دهک برای ایستگاه‌های منتخب در طول دوره آماری

| ایستگاه                | دی    | بهمن  | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر   | مرداد | شهریور | مهر   | آبان  | آذر   |
|------------------------|-------|-------|-------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| دوشان تپه              | ۳۷/۸۴ | ۳۱/۶۸ | ۳۸/۶۶ | ۳۴/۲۹   | ۱۲/۷۹    | ۴۴/۳  | ۳/۶۶  | ۳/۴۴  | ۱/۷۸   | ۱۳/۵۳ | ۳۱/۶۸ | ۳۸/۶۶ |
| آلوده‌سنجی<br>فیروزکوه | ۴۷/۸۶ | ۵۷/۰۸ | ۵۷/۰۸ | ۴۸/۷۱   | ۳۲/۶۴    | ۲۰/۰۸ | ۲۰/۸  | ۲۱/۵۳ | ۱۴/۳۵  | ۲۳/۴۳ | ۴۱/۷۷ | ۴۱/۷۷ |
| فیروزکوه               | ۳۲/۲۹ | ۳۳/۴۹ | ۳۶/۱۵ | ۲۴/۴۴   | ۲۴/۴۴    | ۱۵/۱۴ | ۱۹/۳۹ | ۱۵/۱۴ | ۹/۰۳   | ۱۶/۱۶ | ۳۰/۱۷ | ۳۰/۱۷ |
| شمیران                 | ۶۱/۶۲ | ۶۲/۶۲ | ۶۶/۹۹ | ۵۵/۰۵   | ۲۱/۱۴    | ۴/۵۷  | ۵/۶۲  | ۵/۰۷  | ۵/۰۷   | ۲۵/۹۸ | ۵۵/۰۵ | ۶۶/۹۹ |
| ژئوفیزیک               | ۵۱/۷۱ | ۴۳/۱۴ | ۵۱/۷۱ | ۴۲/۸۲   | ۱۴/۹۹    | ۳/۸۳  | ۴/۱۴  | ۳/۸۳  | ۲/۵۳   | ۲۰/۰۸ | ۴۲/۸۲ | ۴۵/۸۳ |
| آبدلی                  | ۶۴/۸۷ | ۸۹/۰۴ | ۸۹/۰۴ | ۶۸/۰۳   | ۳۷/۵۷    | ۱۲/۳۹ | ۱۴/۴۶ | ۱۲/۳۹ | ۸/۶۹   | ۳۳/۹۳ | ۶۵/۸۵ | ۶۴/۸۷ |
| چیتگر                  | ۳۵/۹۹ | ۱۳/۱۵ | ۳۸/۴۳ | ۳۸/۴۳   | ۱۲/۹۳    | ۲/۸۲  | ۳/۵۴  | ۲/۸۲  | ۱/۴۱   | ۱۸/۴۵ | ۳۳/۱۵ | ۳۷/۶۸ |
| تهران شمال             | ۳۸/۶۶ | ۳۰/۱۶ | ۳۸/۶۶ | ۳۳/۸۶   | ۱۲/۲۲    | ۲/۳   | ۲/۶   | ۲/۳   | ۱/۲۹   | ۱۴/۰۱ | ۳۰/۱۶ | ۳۳/۹۹ |

## نتایج شاخص دهک‌ها

همانند روش‌های فوق مهم‌ترین نتایج این شاخص برای ایستگاه‌های مختلف نیز در جدول ۸ و طبقه‌بندی آن در جدول ۹ آورده شده است.

۱. بالای نرمال ۲. نرمال ۳. خیلی بالا ۴. کمی بالای نرمال ۵. خیلی زیر نرمال ۶. کمی زیر نرمال ۷. خیلی زیاد نرمال ۸. نرمال ۹. خیلی بالا

## انتخاب شاخص مناسب بر اساس روش کمینه مقدار بارش

مرحله انتخاب شاخص مناسب بر اساس روش کمینه مقدار بارش که توسط خلیلی و بذرافشان [۱۳] ارائه شده بررسی گردید. در این روش کمینه مقدار بارندگی در طول دوره زمانی مورد بررسی

استخراج و سپس مقادیر شاخص‌های خشکسالی محاسبه می‌شود. در این روش شاخص مناسب خشکسالی باید در سال وقوع کمینه مقدار بارندگی، دارای بیش‌ترین شدت خشکسالی در ایستگاه مورد بررسی باشد.

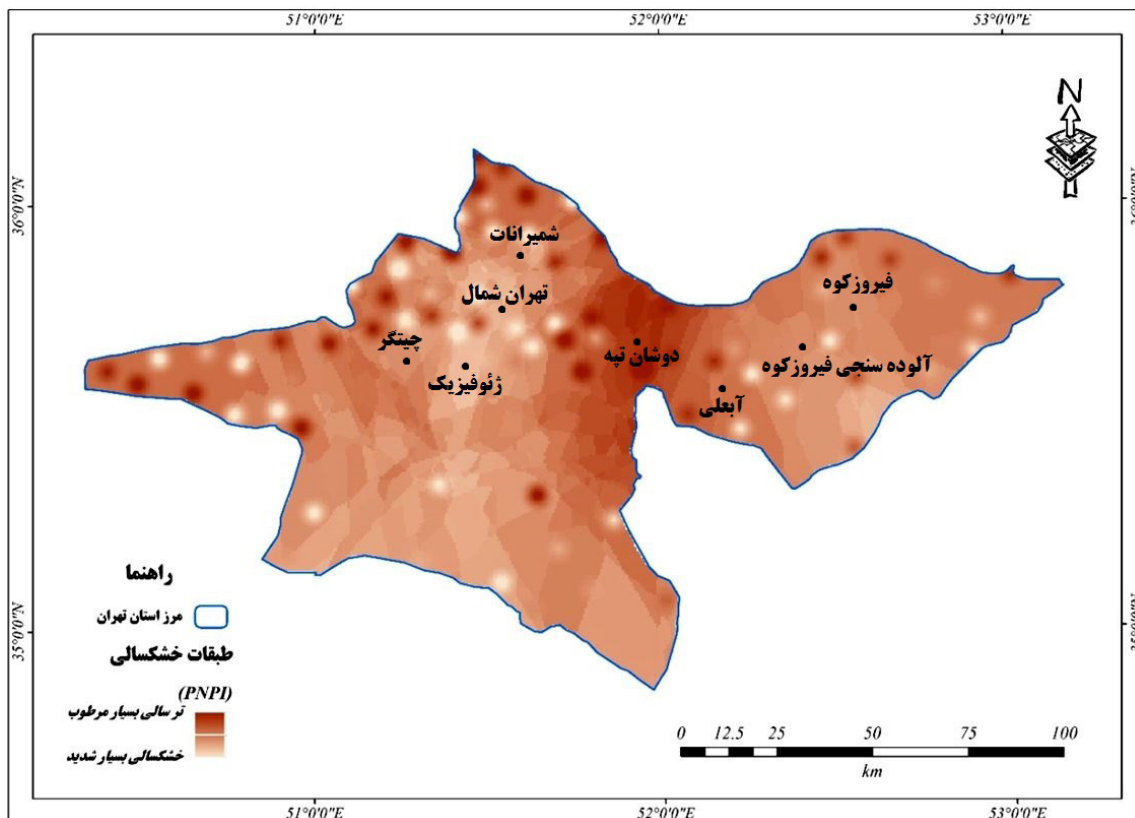
بر اساس جدول ۱۰ در تمامی ایستگاه‌ها به جز ایستگاه فیروزکوه مقارن با سال وقوع کمینه مقدار بارش تمامی شاخص‌های مورد بررسی طبقه خشکسالی شدید و خشکسالی با شدت خیلی زیاد زیر نرمال را نشان داده‌اند. نتایج حاصل از ارزیابی فرضیه وقوع خشکسالی شدید و خشکسالی با شدت خیلی زیاد، زیر نرمال است و از این رو انتخاب شاخص مناسب با استفاده از این روش را تا حد زیادی ناممکن می‌نماید.

جدول ۹- طبقه‌بندی شاخص روش دهک برای ایستگاه‌های منتخب در طول دوره آماری

| ایستگاه             | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر |
|---------------------|----|------|-------|---------|----------|-------|-----|-------|--------|-----|------|-----|
| دوشان تپه           | ۱  | ۸    | ۷     | ۴       | ۴        | ۵     | ۶   | ۷     | ۷      | ۸   | ۸    | ۳   |
| آلوده‌سنجی فیروزکوه | ۵  | ۳    | ۳     | ۳       | ۸        | ۵     | ۷   | ۶     | ۷      | ۶   | ۸    | ۸   |
| فیروزکوه            | ۴  | ۱    | ۳     | ۳       | ۸        | ۵     | ۶   | ۴     | ۷      | ۶   | ۸    | ۸   |
| شمیران              | ۴  | ۱    | ۳     | ۸       | ۵        | ۷     | ۶   | ۷     | ۶      | ۸   | ۸    | ۱   |
| ژئوفیزیک            | ۳  | ۴    | ۳     | ۸       | ۵        | ۵     | ۶   | ۷     | ۷      | ۸   | ۸    | ۱   |
| آبعلی               | ۸  | ۹    | ۹     | ۱       | ۸        | ۵     | ۶   | ۷     | ۶      | ۶   | ۴    | ۸   |
| چیتگر               | ۴  | ۸    | ۱     | ۱       | ۵        | ۷     | ۶   | ۷     | ۷      | ۸   | ۸    | ۱   |
| تهران شمال          | ۳  | ۸    | ۳     | ۴       | ۵        | ۵     | ۶   | ۵     | ۴      | ۸   | ۸    | ۱   |

جدول ۱۰- نتایج انتخاب بهترین شاخص بر اساس روش کمینه مقدار بارش

| ایستگاه             | مقدار کمینه بارش (mm) | ماه وقوع | Z          | PNPI             | DI                  | SIAP      |
|---------------------|-----------------------|----------|------------|------------------|---------------------|-----------|
| دوشان تپه           | ۱/۷۸                  | شهریور   | خشکی متوسط | خشکی با شدت بالا | خیلی زیاد زیر نرمال | خشکی شدید |
| آلوده‌سنجی فیروزکوه | ۱۴/۳۵                 | شهریور   | خشکی متوسط | خشکی با شدت بالا | خیلی زیاد زیر نرمال | خشکی شدید |
| فیروزکوه            | ۹/۰۳                  | شهریور   | خشکی شدید  | خشکی با شدت بالا | خیلی زیاد زیر نرمال | خشکی شدید |
| شمیران              | ۴/۵۷                  | خرداد    | خشکی متوسط | خشکی با شدت بالا | خیلی زیاد زیر نرمال | خشکی شدید |
| ژئوفیزیک            | ۲/۵۳                  | شهریور   | خشکی متوسط | خشکی با شدت بالا | خیلی زیاد زیر نرمال | خشکی شدید |
| آبعلی               | ۸/۶۹                  | شهریور   | خشکی متوسط | خشکی با شدت بالا | خیلی زیاد زیر نرمال | خشکی شدید |
| چیتگر               | ۱/۴۱                  | شهریور   | خشکی متوسط | خشکی با شدت بالا | خیلی زیاد زیر نرمال | خشکی شدید |
| تهران شمال          | ۱/۲۹                  | شهریور   | خشکی متوسط | خشکی با شدت بالا | خیلی زیاد زیر نرمال | خشکی شدید |



شکل ۴- طبقه‌بندی شدت خشکسالی در استان تهران با استفاده از روش PNPI

خشکسالی و پیش‌بینی آن برای آینده، نیازمند تحقیق و پژوهش بیشتری می‌باشد. از آنجا که تعاریف مختلفی از دیدگاه‌های گوناگون برای خشکسالی بیان شده است و اندازه‌گیری مستقیم پدیده‌ها نیز دشوار می‌باشد، انتخاب و مقایسه شاخص برتر کار دشواری است. با توجه به جدول ۱۰ که نتیجه نهایی پژوهش است، در تمامی ایستگاه‌ها به جز ایستگاه فیروزکوه همزمان با سال وقوع کمینه مقدار بارش، تمامی شاخص‌های مورد بررسی طبقه خشکسالی شدید و خشکسالی با شدت خیلی زیاد و زیر نرمال را نشان می‌دهند. براساس مطالعه انجام شده توسط مقدسی و همکاران [۱۸] شاخص DI در سطح استان تهران برای ایستگاه‌های مختلف دارای نوسانات بسیاری بوده است و ایشان این موضوع را یک مشکل جدی برای این شاخص مطرح کرده‌اند، ولی با توجه به نتیجه این مطالعه، نوسانی در این شاخص که بتوان آن را ضعف به حساب آورد مشاهده نشد. در تحقیق دیگری توسط بینش و همکاران [۳]، وضعیت خشکسالی و ترسالی حوزه آبخیز کن با استفاده از آمار ایستگاه چیتگر مورد بررسی قرار گرفت. ایشان بیان نمودند که در هیچ یک از سال‌های مورد بررسی (۱۳۷۴-۱۳۹۳) خشکسالی شدید و حاد در این وجود نداشته است، اما با توجه به نتایج این مطالعه مشخص شد که این حوزه که شامل ایستگاه چیتگر نیز هست، با خشکسالی با شدت بالا مواجه شده است. از نظر عددی همه شاخص‌ها بدون انجام طبقه‌بندی، با یکدیگر ضریب همبستگی

#### پهنه‌بندی خشکسالی بر اساس شاخص PNPI

با توجه به کارایی و نتایج حاصل از شاخص PNPI، پهنه‌بندی خشکسالی استان با شاخص مذکور صورت گرفت (شکل ۴). نتایج نشان داد که شدت خشکسالی در قسمت‌های جنوبی استان نسبت به سایر نقاط بیش‌تر بوده است، چرا که این مناطق همانطور که از نقشه مدل رقومی ارتفاع پیداست (شکل ۲) از ارتفاع کمتری برخوردار هستند و لذا بایستی در برنامه‌های مدیریتی این مناطق را در اولویت قرار داد.

با توجه به شکل ۴، ایستگاه دوشان تپه در طبقه پایین‌تری از خشکسالی قرار گرفته و تا حدی نزدیک به طبقه ترسالی است و بطور کلی می‌توان چنین بیان کرد که تقریباً هرچه از جنوب استان به مناطق شمالی و خصوصاً مرکزی استان نزدیک‌تر می‌شویم از شدت خشکسالی کاسته می‌شود.

#### بحث و نتیجه‌گیری

به دلیل عواملی چون گرم‌شدن کره زمین، افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و تغییرات کاربری نادرست وقوع خشکسالی در سال‌های آتی رخدادی دور از انتظار نمی‌باشد. هیچ یک از مدل‌های اقلیمی موجود برای پیش‌بینی نمی‌تواند نقش اجتناب‌ناپذیر آنها را در نوسانات بارش و وقوع خشکسالی انکار کند. بررسی چند جانبه موضوع خشکسالی، مانند در نظر گرفتن شدت، مدت، و تداوم

droughts in the Salt Lake Basin of Iran. *Rangeland and Desert Research*, 14, 277-288.

7- Eyvazi, M., and Mosaedi, A., 2011. Time monitoring & analyzing climate drought in Golestan Province through geostatistical methods, *Iran Natural Resources*, 64, 65-78.

8- Forest, Rangeland and Watershed Management Organization, 2004. National Action Plan for Desertification and Reduction of Drought Effects of the Islamic Republic of Iran, Pouneh Publication. Tehran.

9- Gibbs, W.J., and Maher, J. V., 1967. Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, 48, 26-34.

10- Jain, S. K., Keshri, R., Goswami, A., and Sarkar, A., 2010. Application of meteorological and vegetation indices for evaluation of drought impact: a case study for Rajasthan, India. *Natural hazards*, 54, 643-656.

11- Kardan Moghadam, H., Hajizadeh, F., and Etebari, F., 2009. Drought determination based on annual precipitation statistic in east of country, Second national conference on drought effects and it's managements methods, Isfahan.

12- Khalighi Sigaroudi, S., Sadeghi Sangdehi, A., Awsati, K., and Ghavidel Rahimi, U., 2009. The Study of Drought and Wet Year Assessment models for Stations in Mazandaran province. *Rangeland and Desert Research*, 16, 44-54.

13- Khalili, A., and Bazrafshan, J., 2003. Evaluation and performance of several meteorological drought index in different climates of Iran. *Nivar Publication*. 48, 79-93.

14- Khorshiddoust, A.M., and Ghavidel Rahimi., 2004. Study of precipitation fluctuations, prediction and determination of wet and dry winter seasons in East Azarbaijan Province. *Geographical Research*, 72, 25-36.

15- Komuscu, A., 1999. Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey. *Drought Network News*. 49, 6-13.

16- Leilah, A. A., and Al-Khateeb, S. A., 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought

بالایی دارند ولی در تحلیل کلاستر، در یک طبقه قرار می گیرند که این موضوع نشان دهنده این است که طبقات شاخص ها به خوبی تعریف نشده و با یکدیگر هماهنگ نیستند. در مطالعات خشکسالی اکثر شاخص ها از توزیع نرمال پیروی می کنند. لذا بر اساس مطالعات صورت گرفته می توان نتیجه گرفت که تفاوت عمده این شاخص ها در تفسیر آنهاست. عدم دسترسی به اطلاعات و آمار برای تعدادی از پارامترهای هواشناسی، مطالعه خشکسالی را با مشکل مواجه می کند. از سوی دیگر تاکنون نیز روش و نمایه شناخته شده و مورد قبولی برای مطالعه این پدیده معرفی نشده است و روش های موجود هنوز نتوانسته اند پذیرش جهانی بگیرند، بلکه به صورت نسبی و بسته به داده ها و محدوده مطالعاتی برتری شان نسبت به هم بیان می گردد. لذا معرفی و مرور شاخص های خشکسالی و استفاده از شاخص های متفاوت خشکسالی و مقایسه آنها با یکدیگر محقق را به این مهم می رساند که برای کدام منطقه چه شاخصی مناسب تر است. لازم به ذکر است که بایستی برنامه ریزی های بیش تری جهت مقابله با خشکسالی در قسمت های جنوبی استان صورت گیرد تا به نحوی از اثرات زیان بار خشکسالی در این مناطق کاست.

#### منابع

1- Austin, R. B., Cantero-Martinez, C., Arrúe, J. L., Playán, E., and Cano-Marcellán, P., 1998. Yield-rainfall relationships in cereal cropping systems in the Ebro river valley of Spain. *European Journal of Agronomy*, 8, 239-248.

2- Banivaheb, A., and Alijani, B., 2005. Study of drought, wet year and predict climate change in Birjand using statistical models. *Geographical research*, 52, 33-66.

3- Binesh, N., Niksokhan, M.H., and Sarang, A., 2016. Precipitation Trend Analysis and Determination of Dry/wet years in Kan watershed during recent years. *Extension and Development of Watershed Management*, 14, 9-16.

4- Bruce, J. P., 1994. Natural disaster reduction and global change. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75, 1831-1835.

5- DeGaetano, A. T., 1999. A temporal comparison of drought impacts and responses in the New York city metropolitan area. *Climatic Change*, 42, 539-560.

6- Ensafi Moghadam, T., 2007. An Investigation and assessment of climatological indices and determination of suitable index for climatological

- 22- Obasi, G. O. P., 1994. WMO's role in the international decade for natural disaster reduction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75, 1655-1661.
- 23- Qobadi Sogh, M., and Mosaedi, A., 2012. Designing the process of selecting the appropriate index based on the assessment of meteorological drought indices in range of dry and semi-arid regions of Iran. *Water and Soil*, 26, 426-441.
- 24- Sohrabi, R.A., Sohrabi, H., and Arab, D.R., 2008. Study of drought indicators monitoring from evolutionary, nature and performance landscapes, and proposing the process of selecting the index appropriate to the regions conditions. *Third Conference on Water Resources Management, Faculty of Civil Engineering, Tabriz, Iran*.
- 25- Wilhite, D. A., 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. *Drought Mitigation Center Faculty Publications*. Chapter1. 69 pp.
- 26- Willeke, G. E., Guttman, N. B., Hosking, J. R. M., & Wallis, J. R., 1994. National drought atlas developed. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 75, 89-90.
- conditions. *Journal of Arid Environments*, 61, 483-496.
- 17- Mckee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Preprints 8th Conference on Applied Climatology*, 3, 179-184.
- 18- Moghaddasi, M., Paymazd, S., Morid, S., 2005. Spatial drought monitoring of Tehran province between 1998-1999 and 2000-2001 using EDI, SPI, DI indicators and geographic information system, *Human Science Modares*. 9, 197-217.
- 19- Morid, S., Moghadasi, M., Paymazd, S., and Ghaemi, H., 2004. Drought Monitoring System Design for Tehran Province. *Ministry of Power*. pp.253.
- 20- Morid, S., Smakhtinb, V., and Bagherzadeh, K., 2007 Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices. *Int. J. Climatology*. 27, 2103-2111.
- 21- Nicholson, S. E., Tucker, C. J., and Ba, M. B., 1998. Desertification, drought, and surface vegetation: An example from the West African Sahel. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, 815.

**Abstract****Climate Monitoring of Tehran province using Drought Assessing Indices**H. Yousefi<sup>\*1</sup>, M. Sarani Rad<sup>2</sup>, A. Mohammadi<sup>2</sup> and M.H. Jahangir<sup>3</sup>

Received: 2017/04/24 Accepted: 2017/09/16

Monitoring system is a prerequisite for drought-response schemes, which time has a crucial role to play in its functionality and performance. One of the important issues in drought studies and monitoring is using of indicators which they can assess the severity, duration and magnitude of drought in one region. In this study, information of eight synoptic stations of Tehran province in order to monitor drought status during 18 years period (1996-2014) is used. In this regard, by using meteorological drought methods such as percent of normal precipitation (PNPI), standardized method index (Z), deciles index (DI) and SIAP indicator was analyzed. Also minimum amount of precipitation method was used to select appropriate indicators. Results revealed that most stations except Firoozkooh, at the same time that other stations fitted to minimum amount of rainfall, drought and severe drought was under normal condition too. The most severe drought in the months of June, July, August and September occurred and in most cases can not be used to determine the unique identifier. Most Z (wet 1.54) was for Abali station in March and the most severe drought (-1.62) has been allocated to Firoozkooh station in September. Zoning also showed the severity of the drought in southern regions is more than other regions.

**Keywords:** *Tehran province, Drought zoning, Drought indicators, Drought condition*

1-Assistant professor, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Corresponding author, Email: Hosseinyousefi@ut.ac.ir

2-M.Sc Student of Ecohydrology, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran

3-Assistant professor, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran