

واژه‌های کلیدی: خشکسالی هواشناسی، آب‌شناختی، کشاورزی، خوزستان

مقدمه

در میان حوادث طبیعی که جوامع انسانی را تحت تأثیر قرار داده‌اند، اثرات پدیده خشکسالی از نظر فراوانی، شدت، مدت و اثرات اجتماعی دراز مدت در جامعه، بیشتر از سایر بلایای طبیعی بوده است. همچنین تمایز این پدیده با سایر بلایای طبیعی در این است که برخلاف سایر بلایا، این پدیده به تدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل می‌کند. بطوریکه اثرات آن پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر حوادث طبیعی ظاهر شود. این مسئله اهمیت پایش خشکسالی به منظور پیش‌بینی احتمال وقوع این پدیده و گستره آن در آینده را نشان می‌دهد.

در حال حاضر که مسئولین کشور اهمیت انجام مطالعات- خشکسالی و همچنین ضرورت تغییر مدیریت بحران به مدیریت ریسک را احساس نموده‌اند، لازم است که مطالعات پایش خشکسالی در سطوح استانی و ملی در کشور صورت پذیرد. رخداد پدیده خشکسالی در کشور ما که باعث بروز خسارات گسترده در بخش‌های مختلف از جمله بخش‌های آب و کشاورزی گردید، بخش دولتی ذریعته را برآن داشت تا با تشکیل ستاد خشکسالی، اثرات زیان‌بار این پدیده را تا حد ممکن کاهش داده و موجبات تعدیل آلام مردم را فراهم سازد. با توجه به گستره کشور برای شناخت بهتر از وضعیت خشکسالی بهتر است که مطالعات به صورت منطقه‌ای و محلی انجام شود. در این راستا پایش خشکسالی استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفته است.

تاکنون مطالعات متعددی در جهان در زمینه تغییر اقلیم، خشکی، پایش خشکسالی و موضوعات مرتبط دیگر صورت گرفته است و پژوهش‌های بسیاری نیز با توجه به اهمیت موضوع در حال انجام است. در ادامه به نمونه‌هایی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود.

لیو و نیگرون [۶] نمایه "اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی" (NDVI^۱) حاصل از تصاویر ماهواره‌ای را برای پیش‌بینی شروع خشکسالی استفاده کردند. این پژوهش در جنوب شرق برزیل به مساحت ۱۵۰ کیلومتر مربع که دارای پوشش‌های گیاهی مختلف بود، انجام گرفت. آنها با بررسی سری زمانی NDVI، تعداد خشکسالی‌ها

بررسی خشکسالی هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژی با استفاده از GIS در استان خوزستان

احمد فاتحی مرج^۱ و سید احمد حیدری‌یان^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۶/۲۴

چکیده

خشکسالی از جمله مخاطرات طبیعی است که به صورت کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی جامعه تأثیر می‌گذارد. پایش به موقع و دقیق از انواع خشکسالی‌ها که هدف اصلی این پژوهش است، گام مؤثری در جهت برنامه‌ریزی برای کاهش خسارات ناشی از خشکسالی می‌باشد. تأخیر در وقوع هریک از انواع خشکسالی‌ها، از جمله موانع موجود برای بیان صحیح وضعیت خشکسالی برای محدوده مورد نظر می‌باشد. بر این اساس برای بررسی دقیق خشکسالی بایستی هر سه نوع خشکسالی هواشناسی، کشاورزی و آب‌شناختی همزمان بررسی و با تلفیق آنها ارزیابی درستی از وقوع و گستره خشکسالی در یک محدوده بدست آورد. در این پژوهش از نمایه بارش استاندارد شده (SPI) و از نمایه دبی استاندارد شده (SDI) و از نمایه اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) بعنوان نماینده پوشش گیاهی (مرتفع و دیم) برای یک دوره بلندمدت استفاده شد و به صورت لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS بکار گرفته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که انواع خشکسالی از نظر زمانی و مکانی با هم تطابق ندارند. همچنین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در طول دوره آماری، سال‌های با بارش بیش از میانگین، خشکسالی کشاورزی (مرتفع و دیم) وجود داشته و در سال‌هایی با بارش کمتر از میانگین (خشکسالی)، شرایط مراتع و اراضی دیم بهتر از شرایط نرمال بوده است. همچنین این پژوهش نشان داده است که بدلیل ماهیت توزیعی (مکانی) خشکسالی در مناطق وسیع، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دقت زمانی و مکانی مناسب، ارزیابی بهتری از وقوع خشکسالی حاصل می‌شود.

۱- نویسنده‌ی مسئول: هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری،

fatehi1339@gmail.com

۲- هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

را مشخص و دریافتند که ۱۹ خشکسالی از ۲۱ خشکسالی با واقعیت مطابقت دارد. در سال ۲۰۰۳ بناکرسو و همکاران [۲] در مقاله خود تحت عنوان تغییرات مکانی خشکسالی (تحلیل نمایه "بارندگی استاندارد شده" در سیسلی) از سال ۱۹۹۶-۱۹۲۶ با بررسی تغییرات بلند مدت خشکسالی توسط نمایه SPI^۱ سه منطقه اقلیمی مجزا را تشخیص دادند و حساسیت نمایه SPI را بر روی دوره واسنجی مورد بررسی قرار دادند. با توجه به آنالیز SPI دوازده ماهه در این سه منطقه و محاسبه واریانس تغییرات، نتایج آزمایشات در سه منطقه با توجه به تغییرات مکانی تاحدودی مشابه بودند.

در سال ۲۰۰۶ سرچو [۱۱] در پژوهشی به این نتیجه رسید که تفاوت‌های الگوهای مکانی خشکسالی، در مقیاس‌های زمانی متفاوت (تحلیل منطقه‌ای در Iberian Peninsula) با استفاده از نمایه SPI، توزیع پیرسون تیپ ۳ جهت محاسبه نمایه خشکسالی برای تکرارهای بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف ۱، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۳۶ ماهه کارایی دارد. در مقیاس‌های زمانی بلندمدت ۲۴ یا ۳۶ ماهه ارتباط بین سری‌های SPI مشاهداتی کاهش می‌یابد. در نتیجه نواحی همگنی با بخش‌های دارای خشکسالی مشابه که بتواند برای مدیریت خشکسالی مؤثر با هشدار سریع نقش داشته باشد، وجود نخواهد داشت. زالایی [۱۲] کاربرد نمایه SPI را در مجارستان مورد بررسی و ارزیابی قرار داده و به این نتیجه رسید که این نمایه مناسب‌ترین نمایه برای تعریف و تحلیل کمی انواع خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی و آب‌شناختی است. با استفاده از نمایه SPI، دوره‌های خشک و تر در ایتالیا [۱۵] و آفریقای جنوبی [۹] مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

مقدسی و همکاران [۸] با استفاده از سه نمایه SPI، نمایه خشکسالی مؤثر (EDI^۲) و نمایه دهک‌ها (DI^۳) خشکسالی سال‌های ۷۷ تا ۸۰ استان تهران را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که نمایه EDI ارزیابی بهتری نسبت به دو نمایه دیگر دارد و همچنین نمایه SPI در مقیاس ماهانه واکنش کافی به کمبود ریزش‌ها از خود نشان نمی‌دهد.

فیشر و همکاران [۴] در سال ۲۰۱۳ از نمایه دبی استاندارد شده (SDI^۴) در مقیاس دوساله برای تحلیل خشکسالی‌ها در ۶ حوضه جنوب چین استفاده نمودند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که برخی از حوضه‌ها یک دوره خشکسالی را تجربه کرده‌اند که بیشتر شامل حوضه‌های شمالی در جنوب چین می‌باشند. تبری و همکاران در ۲۰۱۳ [۱۳] از نمایه SDI دوازده ماهه برای نوسانات جریان رودخانه‌های شمال غرب ایران استفاده نمودند. نتیجه این پژوهش نشان داد سال‌های اخیر همراه با خشکسالی شدید آب‌شناختی بوده است.

اختری و همکاران [۱] با پایش خشکسالی بر اساس نمایه‌های

- 1- Standardized Precipitation Index
- 2- Effective Drought Index
- 3- Deciles of precipitation Index
- 4- Standardized Discharge Index

SPI و EDI نشان دادند که نمایه‌های فوق متغیر مکانی بوده و روش میانگین متحرک وزن‌دار در تحلیل مکانی خشکسالی از دقت کافی برخوردار است.

در زمینه بررسی خشکسالی کشاورزی نیز پژوهش‌های در کشور صورت گرفته که به‌طور عمده از استفاده تصاویر ماهواره، به لحاظ دقت زمانی مناسب و گستردگی اطلاعات برای مناطق فاقد آمار و اطلاعات استفاده شده است.

فاتحی مرج و همکاران [۳] با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS، خشکسالی مرتعی و دیم را برای سه سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش مشخص شد کاهش میزان پوشش گیاهی در سطح کشور در سال ۱۳۸۷ قابل توجه بوده است. مقایسه خشکسالی هواشناسی با خشکسالی کشاورزی بیانگر انطباق هر دو خشکسالی در این سال است. در حالی که در سال ۱۳۸۸ علی‌رغم بارش کمتر از میانگین، وضعیت پوشش مرتعی در شرایط ترسالی بوده است. طاهرزاده [۱۴] به تحلیل خشکسالی حوضه آبریز میناب با استفاده از نمایه‌های SPI و NDVI و SST^۵ و LST^۶ پرداخته است. در این پژوهش نشان داده شد که مقادیر LST محاسبه شده از داده‌های ماهواره‌ای همواره از مقادیر دمای هوا محاسبه شده از ایستگاه‌های هواشناسی بیشتر است و همبستگی مثبت و بالایی بین دمای هوا و دمای سطح زمین وجود دارد. همچنین نمایه NDVI با نمایه SPI همبستگی مثبت و بالایی دارد.

ساروی [۱۰] به پهنه‌بندی خشکسالی حوضه کارون به کمک نمایه SPI در محیط GIS پرداخت. او به این نتیجه رسید که با وجود شرایط مناسب از نظر بارندگی، خشکسالی‌های بسیار شدید در طول دوره آماری مورد مطالعه در منطقه مشاهده می‌شود و با تقریب منطقه‌ای یافت نمی‌شود که خشکسالی در آن اتفاق نیفتاده باشد و یا خشکسالی آن شدید نباشد.

پژوهش‌های انجام شده در بررسی انواع خشکسالی از نمایه SPI برای خشکسالی هواشناسی، از نمایه جریان رودخانه‌ها برای خشکسالی آب‌شناختی و از نمایه پوشش گیاهی برای خشکسالی کشاورزی استفاده شده است. با توجه به اینکه انواع خشکسالی از لحاظ مکانی، زمانی و از نظر شدت و مدت متفاوت است، لذا شناخت بهتر وضعیت خشکسالی مناطق، مستلزم انجام پژوهش‌های محلی و منطقه‌ای، با توجه به ویژگی‌های هر منطقه می‌باشد. بر این اساس این پژوهش در استان خوزستان و به منظور بررسی و مقایسه نتایج انواع مختلف خشکسالی، در یک دوره طولانی مدت در مقیاس زمانی و مکانی مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در محدوده استان خوزستان و با استفاده از آمار بارندگی ماهانه ایستگاه‌ها با بیش از ۳۵ سال آمار به انجام رسیده

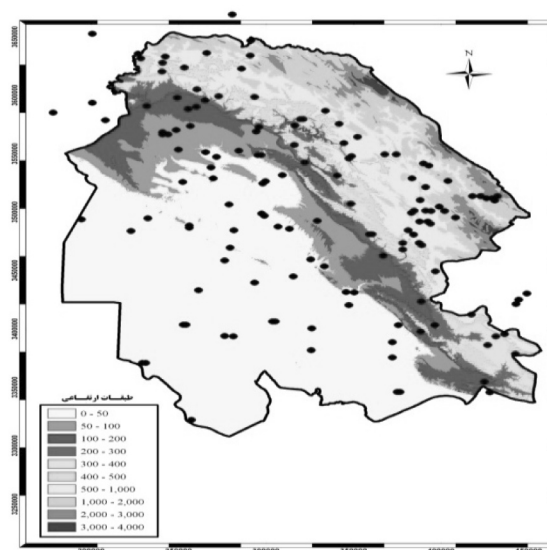
5- See Surface Temperature
6- Land Surface Temperature

است. موقعیت ایستگاه‌ها و طبقات ارتفاعی در شکل (۱) نشان داده شده است. در این بررسی تصاویر ماهواره‌ای NOAA-AVHRR (از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰) و MODIS (از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹) و آمار دبی متوسط ماهانه ایستگاه‌های آب‌سنجی و نقشه کاربری اراضی استان مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۲).

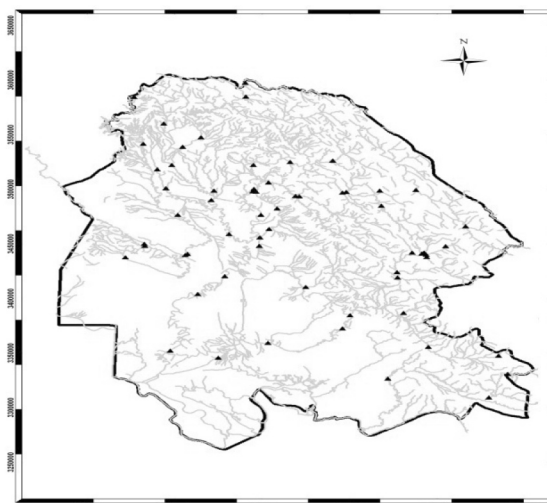
آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری از وزارت نیرو و اقلیم‌شناسی از دو منبع سازمان هواشناسی و وزارت نیرو تأمین گردید. پس از بررسی درستی و همگنی داده‌های آماری یاد شده، و با توجه به تعداد سال‌های دارای آمار ایستگاه‌های منطقه و پراکندگی آنها، آمار به دو دسته ایستگاه‌های مبناء و ایستگاه‌های غیرمبناء تقسیم شده است. دوره مشترک آماری براساس تعداد سال‌های دارای آمار ایستگاه یا ایستگاه‌های مبناء تعیین شد. پس از انتخاب دوره زمانی

طرح، نواقص آماری ایستگاه‌های غیرمبناء توسط ایستگاه‌های مبنایی که حوضه آنها از نظر ویژگی‌های آب‌شناختی مشابه و از لحاظ مسافت تا حد امکان نزدیک به ایستگاه مورد نظر بوده تکمیل و طول دوره آماری موجود آنها به دوره زمانی مشترک تطویل گردید. همچنین پایش خشکسالی کشاورزی (مرتعی و دیم) از اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای بهره گرفته شده است.

با توجه به اینکه انجام هر نوع مطالعات اقلیمی و از جمله مطالعات پایش خشکسالی، تنها در بازه زمانی بلندمدت نتایج معتبر ارائه می‌نماید، جهت انجام این مطالعات دوره آماری ۴۲ ساله از سال آبی ۱۳۴۶-۱۳۴۵ تا سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ برای بارندگی، جریان رودخانه‌ها و ۲۲ سال تصاویر ماهواره‌ای موجود مورد استفاده قرار گرفت. تعداد ایستگاه‌های باران سنجی دارای ۱۰۲ و آب سنجی ۴۲



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های بارندگی و طبقات ارتفاعی (متر)



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های آب‌سنجی استان

ایستگاه می‌باشند. داده‌ها به نمایه استاندارد تبدیل و از آن استفاده شده است. نمایه‌های بارش عبارتند از SPI، CZI، PN و نمایه دهک، و نمایه جریان رودخانه SDI و نمایه پوشش گیاهی NDVI در نظر گرفته شده است. این نمایه‌ها در زیر تشریح شده است.

نمایه درصد نرمال (PN^۱)

نمایه درصد نرمال در سال ۱۹۹۴ توسط ویلیکی و همکارانش [۱۶] ارائه شد. مفهوم اساسی این نمایه تقسیم بارش واقعی به بارش نرمال می‌باشد. تنها عامل مورد نیاز جهت محاسبه آن بارش می‌باشد و مقیاس زمانی آن ماهیانه می‌باشد.

نمایه بارش استاندارد (SPI)

نمایه SPI در سال ۱۹۹۵ توسط مک کی و همکارانش [۷] ارائه شد. برای محاسبه نمایه SPI از تابع چگالی توزیع گاما و گاهی از تابع پیرسون برای برازش داده‌های بلندمدت بارش استفاده می‌شود. سپس بر اساس منحنی احتمال نرمال مقادیر آن محاسبه می‌شود. تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این نمایه عنصر بارندگی ماهانه می‌باشد. نمایه SPI را می‌توان با گام‌های زمانی یک ماهه تا دوازده ماهه و بیشتر را محاسبه نمود.

نمایه Z چینی (CZI^۲)

نمایه Z چینی (CZI) یک نمایه خشکسالی است که توسط مرکز ملی هواشناسی چین (NMCC) در اوایل دهه ۱۹۹۰ معرفی شد. این نمایه با این فرض که داده‌های بارش از توزیع پیرسون تیپ سه پیروی می‌کنند، به شرح زیر محاسبه می‌شود. در این فرمول $\bar{Z}$ سال، C_s ضریب چولگی، n تعداد سال آماری، ϕ انحراف استاندارد، X_i مقدار بارش سال مورد نظر و $\bar{X}$ متوسط بارش است. نتایج این روش بسیار نزدیک به روش بارش استاندارد است.

$$Z_{ij} = \frac{6}{C_{si}} \left(\frac{C_{si}}{2} \phi_{ij} + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_{si}} + \frac{C_{si}}{6} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$C_{si} = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^3}{n^* \sigma_i^3} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\phi_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\sigma_i} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\phi_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad \text{رابطه (۴)}$$

1- Percent Of Normal
2- China-Z index

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad \text{رابطه (۵)}$$

نمایه دهک بارندگی (DI)

نمایه دهک‌ها (DI) اولین بار توسط گیببس و ماهر [۵] بکارگرفته شد. اصول محاسبه آن بدین صورت است: (۱) مرتب نمودن داده‌های بارندگی به صورت صعودی. (۲) تعیین دامنه دهکی با استفاده از رابطه $mi = i * (n+1) / 10$ که mi دهک i ام، i شماره دهک و n تعداد داده‌ها. (۳) برآورد مقادیر بارندگی مربوط به هر دهک. (۴) تعیین سال‌های آماری که در دهک‌های مختلف قرار گرفته‌اند.

نمایه دبی استاندارد شده (SDI)

با توجه به اینکه توزیع جریان ماهانه (در این محدوده) از توزیع گاما پیروی می‌کند، روش محاسبه این نمایه نیز همانند نمایه SPI می‌باشد، با این تفاوت که از میزان جریان ماهانه به جای بارش ماهانه استفاده می‌شود.

نمایه نمره Z^۳

نمایه خشکی نمره Z به فرم معادله زیر تعریف شده است.
$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$$

که در این معادله:

$\bar{X}$: آبدهی سالیانه و یا بارش سالانه

$\bar{X}$: متوسط آبدهی سری سالیانه و یا بارش سالانه

S : انحراف معیار سری آبدهی سالیانه و یا بارش سالانه

Z : نمایه خشکسالی.

برای محاسبه میانگین وزنی نمایه‌های بارش استان از چندضلعی تیسس و برای جریان رودخانه‌ها (نمایه‌های جریان) از مساحت حوضه‌های مربوط به هریک از ایستگاه‌ها استفاده شد.

پس از تکمیل و اصلاح داده‌ها، نمایه‌های ارزیابی خشکسالی هواشناسی در استان خوزستان، بر اساس نمایه‌های SPI، CZI، PN و DI در مقیاس زمانی سالانه بدست آمده است. برای محاسبه میزان نمایه‌ها برای کل استان، از روش وزنی تیسس پلی‌گون استفاده شد.

نتایج

مقایسه نمایه‌ها نشان می‌دهد همبستگی بین SPI و Z چینی نزدیک به ۱ است و شرایط خشکسالی، با توجه به دو نمایه PN و DI مقادیر کمتر از نرمال را به خوبی نشان نداد. بر این اساس، توصیه پژوهشگران مبنی بر ارجحیت استفاده از نمایه SPI [۱۰ و ۱]، این نمایه برای تحلیل خشکسالی هواشناسی انتخاب شد. بر این اساس، سری زمانی سالانه طولانی مدت این نمایه به عنوان نمایه

3- Z score

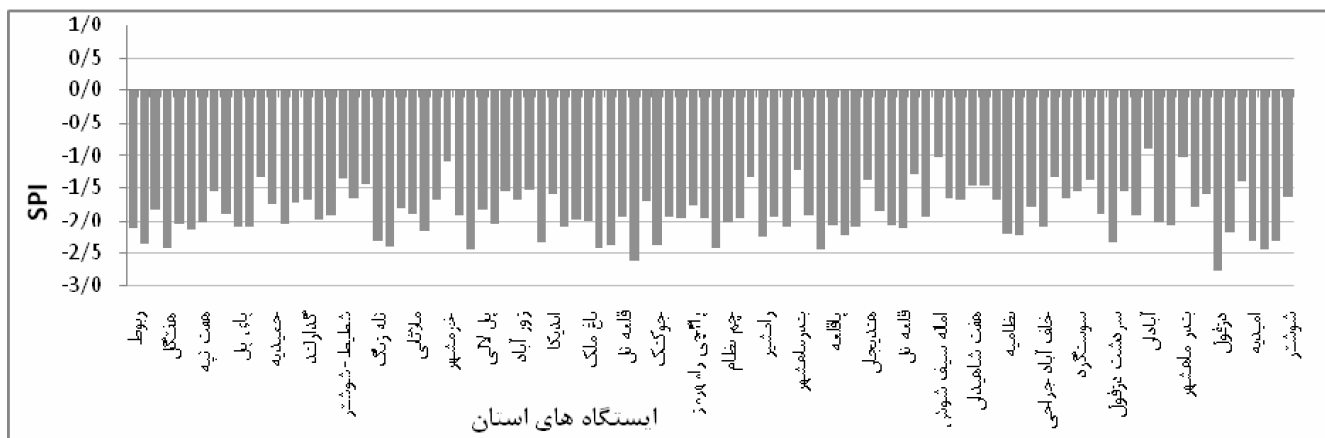
نوسانات بارش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. مقادیر منفی این نمایه به خوبی سال‌های خشکسالی را نشان می‌دهد. از آنجایی که سال آبی ۸۶-۸۷ یکی از سال‌های همراه به خشکسالی شدید بوده است، مقادیر بدست آمده برای این نمایه در تمامی ایستگاه‌های اندازه‌گیری باران در سطح استان، این موضوع را بخوبی نشان می‌دهد (شکل ۳).

میانگین وزنی مقادیر نمایه SPI در سطح استان خوزستان در هر سال بدست آمده و براساس طول دوره آماری ۴۲ محاسبه گردید. به منظور بررسی بهتر میزان تطابق نمایه با روند بارش در منطقه، بر روی نمودار نمایه SPI، منحنی تغییرات بارش در سال‌های مختلف نیز ترسیم گردیده است. همچنانکه شکل (۴) نشان می‌دهد نمایه SPI توانسته شدت خشکسالی‌ها را به خوبی در سال‌های کم باران بیان کند. در حالی که میزان بارش به تنهایی گویای این موضوع نیست. برای نمونه مقادیر باران در سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶ و خشکسالی ۱۳۸۶ به خوبی این مطلب را بیان می‌کند.

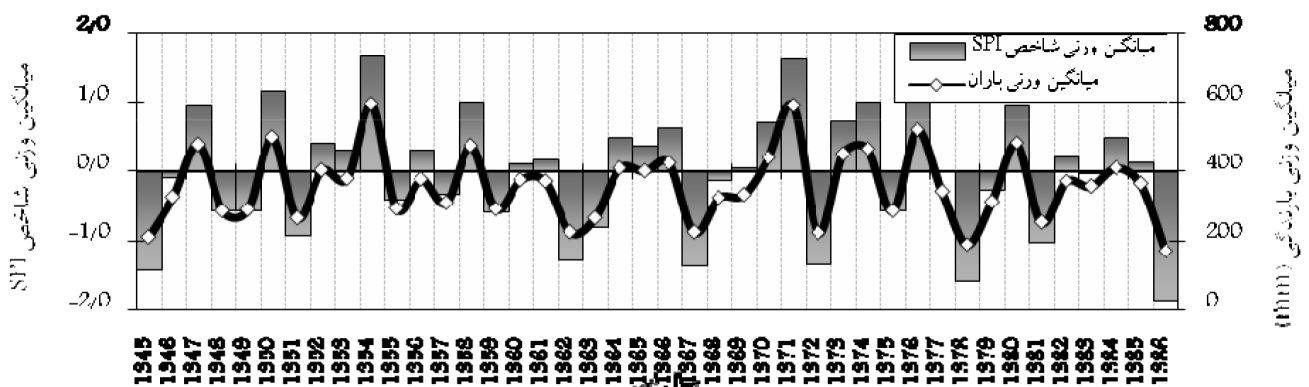
شکل (۴) مقادیر میانگین وزنی سالانه نمایه SPI که با استفاده از آمار ۱۰۰ ایستگاه محاسبه شده، در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد

و نمایان‌گر روند خشکسالی‌ها و ترسالی‌های بوقوع پیوسته در طول دوره در منطقه می‌باشد. همانطور که از این شکل مشخص است، در طی یک دوره زمانی ۴۲ ساله هر چه به زمان حال نزدیکتر می‌شویم، طول دوره‌ها و شدت خشکسالی‌های بوقوع پیوسته افزایش می‌یابد. بر این اساس در سال ۱۳۸۷-۱۳۸۶ که سال پایانی دوره نیز می‌باشد شدیدترین خشکسالی هواشناسی در ۴۲ سال اخیر رخ داده است. به منظور پایش هرچه بهتر دوره‌های خشک و ترسالی هواشناسی نمودار میانگین متحرک ۳، ۵ و ۷ ساله نمایه بارندگی ترسیم شد. همچنانکه شکل (۵) نشان می‌دهد، بر مبنای میانگین متحرک ۷ ساله چهار دوره خشکسالی و ترسالی در مدت ۴۲ سال گذشته بوقوع پیوسته است.

دوره دوم و چهارم از جمله خشکسالی‌ها و دوره اول و سوم از جمله دوره‌های ترسالی بوقوع پیوسته در سطح استان در طول دوره ۴۲ ساله بوده است. همانطور که مشاهده می‌شود دوره چهارم با پایان نامعلوم، طولانی‌تر از دوره خشکسالی شماره دو می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که شدت خشکسالی‌ها از یک روند افزایشی برخوردار بوده، به طوریکه شدت خشکسالی در سال‌های



شکل ۳- نمایه سالیانه SPI ایستگاه‌های استان خوزستان در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷



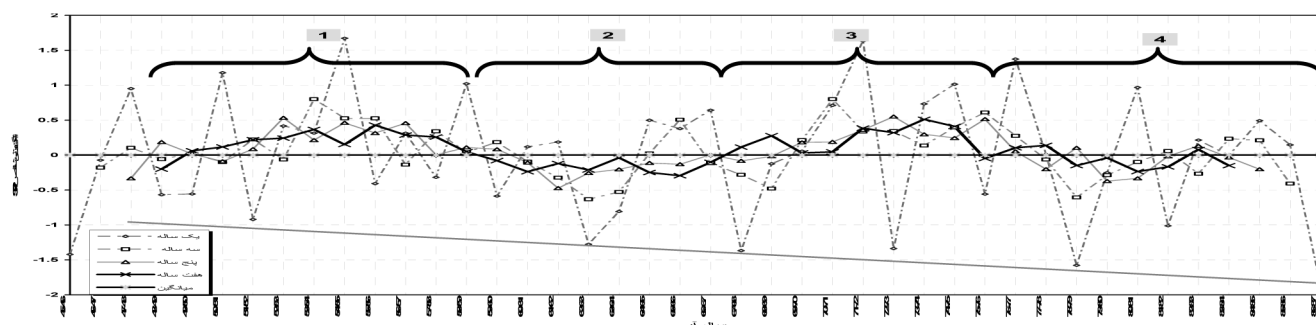
شکل ۴- میزان نمایه SPI سالانه استان خوزستان برای دوره ۴۲ سال

آخر افزایش یافته است و شدیدترین خشکسالی ۴۲ ساله در سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ اتفاق افتاده است.

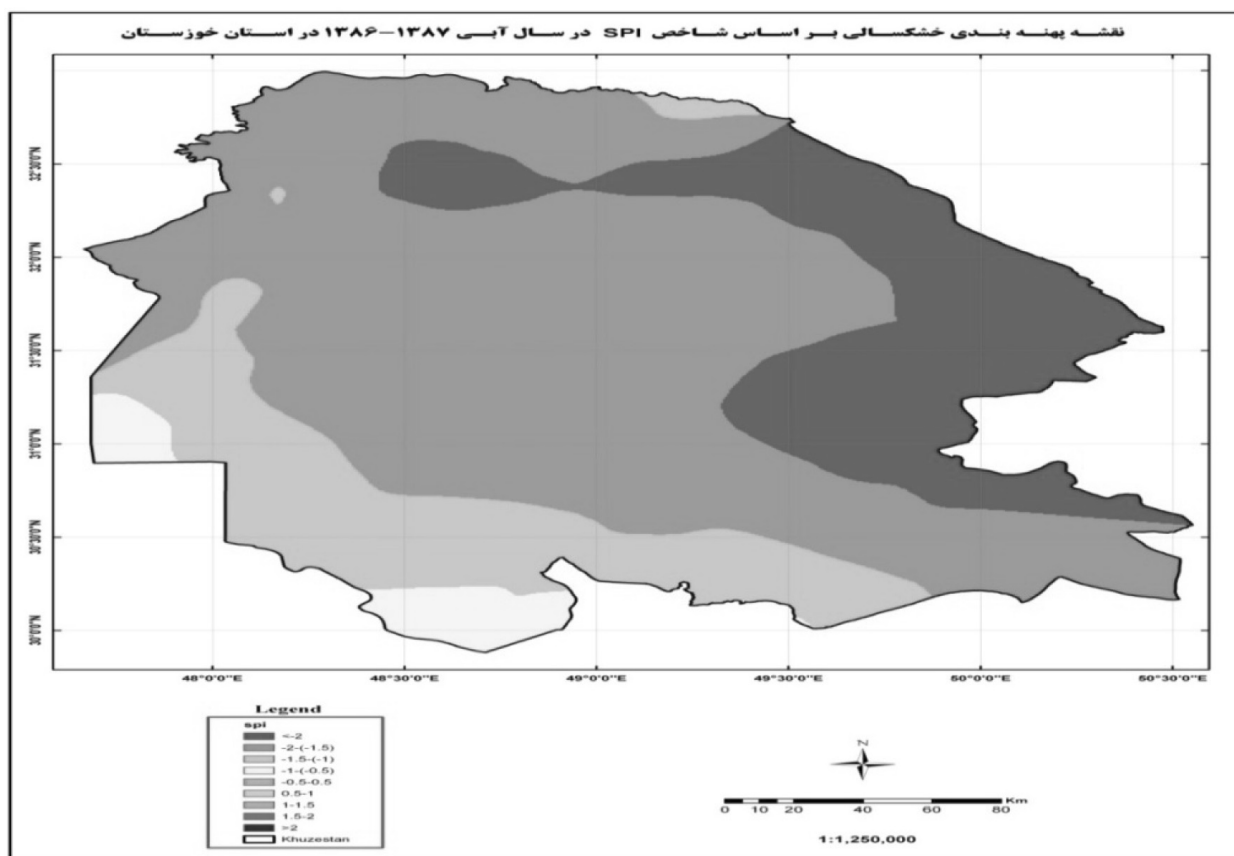
مطابق با پهنه‌بندی بر مبنای نمایه بارش استاندارد (SPI) که یک نمونه آن در شکل (۶) نشان داده شده است، مناطق شرقی استان بیشتر دچار نوسانات شدید بارش و در نهایت خشکسالی و ترسالی می‌شوند. همچنین در سال تر نیز مناطق شرقی بیشترین بارش و در شرایط خشکسالی، همین مناطق دچار شدیدترین خشکسالی دوره ۴۲ ساله استان شده‌اند.

بررسی خشکسالی هواشناسی بر اساس نمایه SPI نشان می‌دهد

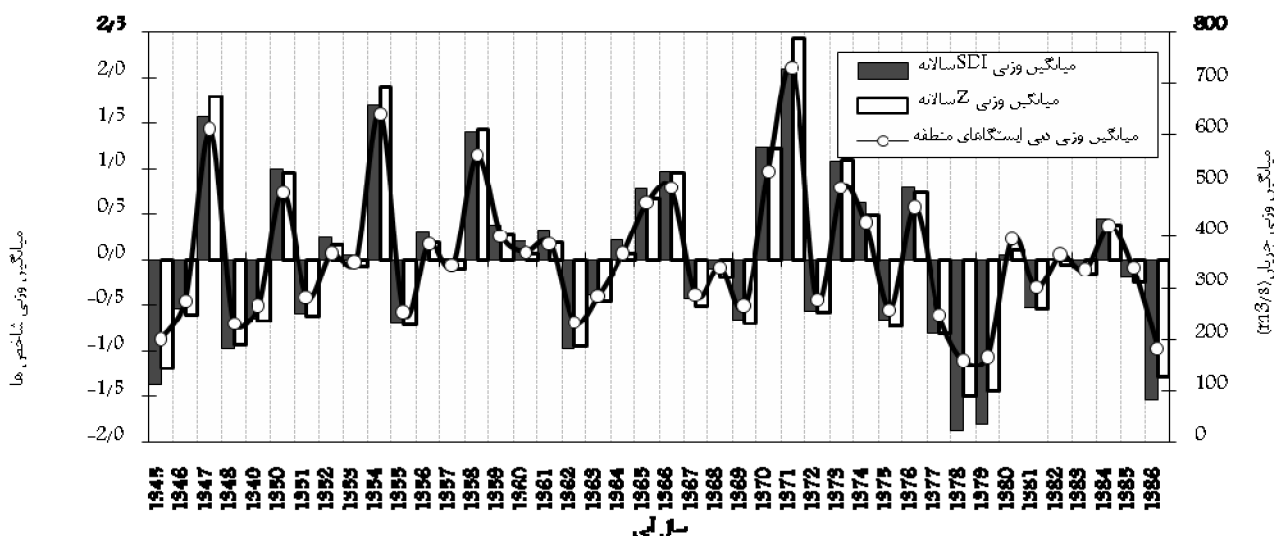
که سال‌های مختلف همراه با خشکسالی در کل استان فراگیر نبوده است و در طول دوره ۴۲ ساله فقط ۸ سال با تقریب خشکسالی کل استان را فراگرفته است و در میان ۸ سال، شدیدترین خشکسالی در سال آبی ۸۶-۸۷ بوده است. به طوریکه جدول (۱) نشان می‌دهد، در این سال متوسط SPI در حدود $-1/9$ و حداقل $-2/8$ در ایستگاه دزفول اتفاق افتاده است. بر اساس نتایج ارایه شده در این جدول، در طول دوره ۴۲ سال ۱۴ خشکسالی شدید (مقادیر منفی SPI کمتر از -1) و ۱۸ خشکسالی متوسط (مقادیر SPI بین -1 و $-0/5$) اتفاق افتاده است. در این مدت ۹ سال آن شرایط ترسالی و بقیه سال‌ها



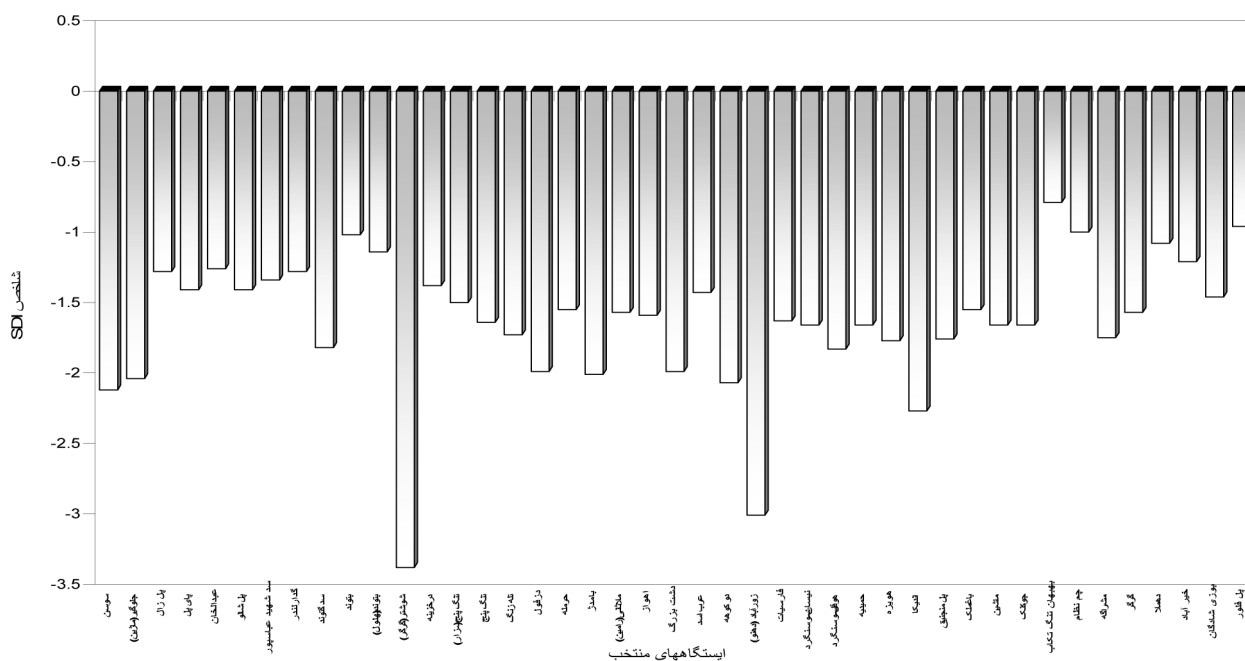
شکل ۵- میانگین متحرک نمایه بارش در استان خوزستان



شکل ۶- گستره خشکسالی با استفاده از نمایه SPI در سطح استان (۱۳۸۶-۱۳۸۷)



شکل ۷- مقایسه میانگین وزنی جریان با میانگین وزنی نمایه Z و SDI در ایستگاه‌های منطقه برای دوره ۴۲ ساله



شکل ۸ - نمایه SDI ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ (خشکسالی)

تهیه شده، استفاده گردید. نتایج مقادیر SDI برای دوره مشترک ۴۲ ساله در جدول (۲) ارائه شده است.

به منظور بررسی تغییرات نمایه‌های منتج شده از دبی و تطابق آنها با مقادیر متوسط دبی، مقادیر وزنی هریک بر اساس نسبت وزنی مساحت هر حوضه به مساحت کل محاسبه و در شکل (۷) ترسیم گردید. همانطوریکه شکل (۷) نشان می‌دهد علاوه بر تطابق بهتر مقادیر SDI با متوسط دبی مقادیر جریان کمتر از میانگین که نمایانگر وقوع خشکسالی می‌باشد، به صورت واضح تر و گویاتر در مقایسه

شرایط نرمال داشته‌اند. این نتایج بیانگر آن است که بیش از ۵۰ درصد سال‌ها با خشکسالی روبرو بوده است. این درحالی است که فقط یک چهارم سال‌ها همراه با ترسالی می‌باشد.

خشکسالی آب‌شناختی

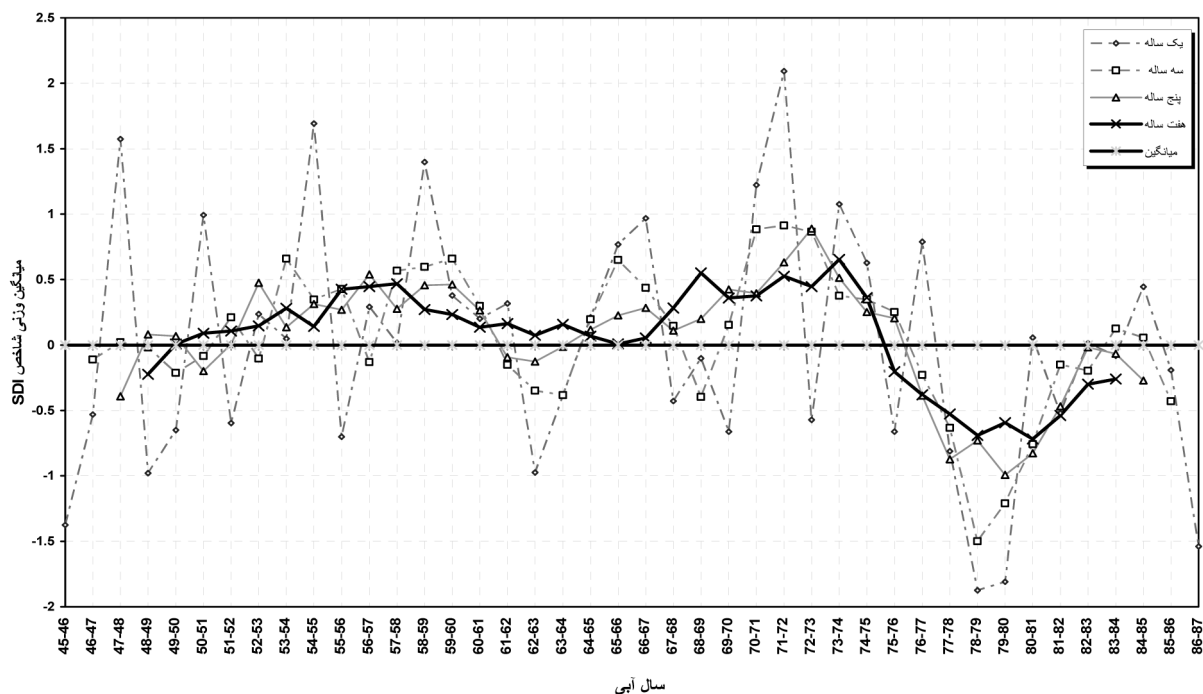
به منظور پایش خشکسالی آب‌شناختی از آمار دبی رودخانه‌ها (ثبت شده در ایستگاه‌های آب‌سنجی در محدوده استان) استفاده شد. برای این بررسی از دو نمایه Z و SPI که از آمار متوسط دبی ماهانه

جدول ۱- میانگین، حداقل و حداکثر نمایه SPI محاسبه شده در سال‌های دوره مشترک برای ۱۰۰ ایستگاه منطقه

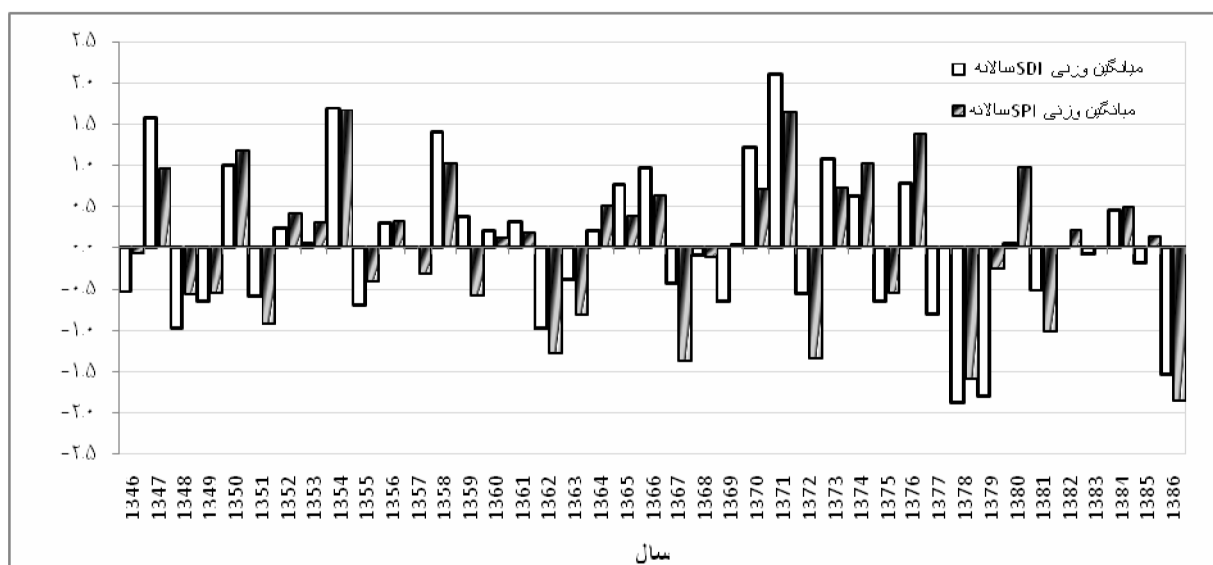
سال آبی	میانگین وزنی SPI ایستگاه‌های منطقه	حداقل SPI ایستگاه‌های منطقه	نام ایستگاه دارای نمایه حداقل	حداکثر SPI ایستگاه‌های منطقه	نام ایستگاه دارای نمایه حداکثر
۱۳۴۵-۱۳۴۶	-۱/۴۲	-۲	آبادان (سیتوپتیک)	-۰/۴۲	زیدون سردشت
۱۳۴۶-۱۳۴۷	-۰/۰۷	-۱/۰۳	عبدالخا	-۰/۷۹	خرمشهر
۱۳۴۷-۱۳۴۸	۰/۹۵	-۰/۰۱	بندر ماهشهر (سیتوپتیک)	۲/۶۸	هفت تپه
۱۳۴۸-۱۳۴۹	-۰/۵۷	-۱/۸۵	کشور (هواشناسی)	۱/۲۲	مشراگه- ابوتویج
۱۳۴۹-۱۳۵۰	-۰/۵۶	-۱/۳۸	بوزی شادگان	۰/۶۴	جلوگیر
۱۳۵۰-۱۳۵۱	۱/۱۸	۰	قلعه تل	۲/۱۲	پل زال
۱۳۵۱-۱۳۵۲	-۰/۹۲	-۱/۹۹	گرگوه (هواشناسی)	۰/۳	کشت و صنعت
۱۳۵۲-۱۳۵۳	۰/۴۲	-۰/۲۴	خرمشهر	۱/۶۶	ربوط
۱۳۵۳-۱۳۵۴	۰/۳۱	-۰/۵۶	قلعه زراس (هواشناسی)	۱/۳۴	دارخوین
۱۳۵۴-۱۳۵۵	۱/۶۷	۰/۴۵	آب گنجی (هواشناسی)	۳/۰۳	مشراگه- ابوتویج
۱۳۵۵-۱۳۵۶	-۰/۴۱	-۱/۸۲	تنگ پنج- بختیاری	۰/۹۸	گرگر
۱۳۵۶-۱۳۵۷	۰/۳۱	-۰/۸۹	بتوند- شور	۱/۴۹	آبادان (سیتوپتیک)
۱۳۵۷-۱۳۵۸	-۰/۳۲	-۱/۳۵	آهودشت (هواشناسی)	۰/۵۶	چم نظام
۱۳۵۸-۱۳۵۹	۱/۰۲	۰/۱۸	اندیکا (تنگ دولاب)	۲/۰۳	اهواز (سیتوپتیک)
۱۳۵۹-۱۳۶۰	-۰/۵۹	-۱/۸۴	اندیکا (تنگ دولاب)	۱	اماله سیف شوش (هواشناسی)
۱۳۶۰-۱۳۶۱	۰/۱۲	-۰/۹۷	سیمیلی (هواشناسی)	۱/۴۶	چم نظام
۱۳۶۱-۱۳۶۲	۰/۱۹	-۱/۰۹	جلوگیر	۱/۱۴	آب گنجی (هواشناسی)
۱۳۶۲-۱۳۶۳	-۱/۲۸	-۲/۲۵	پل زال	-۰/۱	رامشیر
۱۳۶۳-۱۳۶۴	-۰/۸۱	-۱/۶۲	درخزینه	-۰/۱۱	کشور (هواشناسی)
۱۳۶۴-۱۳۶۵	۰/۵۰	-۰/۴۳	دهملا	۱/۴۳	ایذه (سیتوپتیک)
۱۳۶۵-۱۳۶۶	۰/۳۸	-۰/۸۱	حسینیه خرم	۱/۶۸	سوسن
۱۳۶۶-۱۳۶۷	۰/۶۴	-۰/۰۸	جلوگیر	۱/۵۹	میداوود
۱۳۶۷-۱۳۶۸	-۱/۳۷	-۲/۴۵	بندرماهشهر	-۰/۴۴	تنگ پنج- بختیاری
۱۳۶۸-۱۳۶۹	-۰/۱۲	-۱/۵۹	پل لالی	۱/۰۱	هندیجان
۱۳۶۹-۱۳۷۰	۰/۰۵	-۱/۲۲	مازو (کلیماتولوژی)	۱/۱	بستان (سیتوپتیک)
۱۳۷۰-۱۳۷۱	۰/۷۱	-۰/۱۳	بندرماهشهر	۲/۰۲	درخزینه
۱۳۷۱-۱۳۷۲	۱/۶۳	-۰/۰۷	زیدون سردشت	۳/۲۵	شوشتر- شطیط
۱۳۷۲-۱۳۷۳	-۱/۳۴	-۲/۴۳	هندیجان	۰/۲	هفت شاهیدان (هواشناسی)
۱۳۷۳-۱۳۷۴	۰/۷۳	-۰/۳۲	اهواز (سیتوپتیک)	۲/۲۳	هندیجان
۱۳۷۴-۱۳۷۵	۱/۰۱	-۰/۰۷	آهودشت (هواشناسی)	۲/۳۵	بندرماهشهر (هواشناسی)
۱۳۷۵-۱۳۷۶	-۰/۵۶	-۱/۲	کوپال نمره ۳	-۰/۰۱	آب شیرین
۱۳۷۶-۱۳۷۷	۱/۳۷	۰/۱۲	زور آباد	۲/۶۲	بندرماهشهر
۱۳۷۷-۱۳۷۸	۰/۰۱	-۱/۴۵	جلوگیر	۱/۳۳	بندرماهشهر
۱۳۷۸-۱۳۷۹	-۱/۵۸	-۲/۴۸	قلعه زراس (هواشناسی)	-۰/۴۴	آبادان (سیتوپتیک)
۱۳۷۹-۱۳۸۰	-۰/۲۵	-۱/۶۳	بلاغ آب	۰/۸۶	عبدالخا
۱۳۸۰-۱۳۸۱	۰/۹۷	-۰/۰۲	سوسنگرد (هواشناسی)	۲/۳۲	آغاچاری (سیتوپتیک)
۱۳۸۱-۱۳۸۲	-۱/۰۱	-۲/۲۴	بیدرویه (هواشناسی)	۰/۳۶	ده دز
۱۳۸۲-۱۳۸۳	۰/۲۱	-۰/۸۶	سوسن	۱/۲۳	شوشتر (سیتوپتیک)
۱۳۸۳-۱۳۸۴	۰/۰۰	-۱/۱۳	چشمه شیرین	۱/۱۶	عبدالخا
۱۳۸۴-۱۳۸۵	۰/۴۹	-۰/۳۷	مسجدس لیمان (س)	۲/۱۶	پل شالو
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۰/۱۵	-۰/۵۳	گنداب	۱/۷۴	زور آباد
۱۳۸۶-۱۳۸۷	-۱/۸۶	-۲/۷۶	دزفول (سیتوپتیک)	-۰/۹۱	آبادان (سیتوپتیک)

جدول ۲- میانگین، حداقل و حداکثر نمایه SDI محاسبه شده در دوره مشترک برای ۴۳ ایستگاه واقع در منطقه

سال آبی	میانگین SDI ایستگاه‌های منطقه	حداقل SDI ایستگاه‌های منطقه	نام ایستگاه دارای نمایه حداقل	حداکثر SDI ایستگاه‌های منطقه	نام ایستگاه دارای نمایه حداکثر
۱۳۴۵-۱۳۴۶	-۱/۳۷	-۲/۳۳	باغملک	-۰/۶۳	شوشتر(گرگر)
۱۳۴۶-۱۳۴۷	-۰/۵۳	-۰/۸۳	هویزه	-۰/۰۸	شوشتر(گرگر)
۱۳۴۷-۱۳۴۸	۱/۵۹	۰/۳۵	پل فلور	۳/۰۲	حرمه
۱۳۴۸-۱۳۴۹	-۱/۰۰	-۱/۶۴	تنگ پنج(سزار)	-۰/۲۴	دو کوهه
۱۳۴۹-۱۳۵۰	-۰/۶۶	-۱/۳۳	اندیکا	۰/۰۹	هوفل-سوسنگرد
۱۳۵۰-۱۳۵۱	۰/۹۹	۰/۳۳	باغملک	۱/۶۰	بتوند
۱۳۵۱-۱۳۵۲	-۰/۵۹	-۱/۶۷	بهبهان تنگ تکاب	-۰/۱۶	دزفول
۱۳۵۲-۱۳۵۳	۰/۲۱	-۰/۸	اندیکا	۱/۴۳	جلوگیر(ماژین)
۱۳۵۳-۱۳۵۴	۰/۰۴	-۰/۵۷	تله زنگ	۰/۴۵	گرگر
۱۳۵۴-۱۳۵۵	۱/۷۰	۰/۴۹	عرب اسد	۲/۷۹	درخزینه
۱۳۵۵-۱۳۵۶	-۰/۷۱	-۱/۶	پل زال	۰/۱۳	گرگر
۱۳۵۶-۱۳۵۷	۰/۲۹	-۰/۶۴	حرمه	۱/۳۶	پل فلور
۱۳۵۷-۱۳۵۸	۰/۰۱	-۰/۷۴	بتوند	۰/۴۸	دشت بزرگ
۱۳۵۸-۱۳۵۹	۱/۳۹	۰/۷۳	جلوگیر(ماژین)	۲/۲۲	شوشتر(گرگر)
۱۳۵۹-۱۳۶۰	۰/۳۸	-۱/۴۷	لاری	۱/۳۱	نیسان-سوسنگرد
۱۳۶۰-۱۳۶۱	۰/۱۹	-۰/۵۶	بشوند	۱/۳۵	چم نظام
۱۳۶۱-۱۳۶۲	۰/۳۲	-۰/۳۵	ماشین	۰/۸۵	دشت بزرگ
۱۳۶۲-۱۳۶۳	-۰/۹۸	-۲/۲۱	پل زال	-۰/۵۳	زورآباد (دهنو)
۱۳۶۳-۱۳۶۴	-۰/۴۱	-۱/۸۶	باغملک	۰/۵۷	عبدالحان
۱۳۶۴-۱۳۶۵	۰/۲۰	-۰/۲۹	دو کوهه	۰/۹۹	بتوند(بالا)
۱۳۶۵-۱۳۶۶	۰/۷۷	۰/۱۳	جلوگیر(ماژین)	۱/۴۹	اندیکا
۱۳۶۶-۱۳۶۷	۰/۹۷	۰/۲۵	سد شهید عباسپور	۱/۸۱	زورآباد (دهنو)
۱۳۶۷-۱۳۶۸	-۰/۴۳	-۱/۱۷	بتوند(بهلول)	۰/۱۸	حمیدیه
۱۳۶۸-۱۳۶۹	-۰/۱۰	-۰/۸۸	خیر آباد	۱/۰۳	شوشتر(گرگر)
۱۳۶۹-۱۳۷۰	-۰/۶۵	-۱/۳۴	حرمه	۰/۲۶	باغملک
۱۳۷۰-۱۳۷۱	۱/۲۲	۰/۷۲	دشت بزرگ	۱/۵۷	گدارلندر
۱۳۷۱-۱۳۷۲	۲/۰۹	۰/۷۰	شوشتر(گرگر)	۳/۱۵	تنگ پنج
۱۳۷۲-۱۳۷۳	-۰/۵۷	-۱/۷۳	بهبهان تنگ تکاب	۰/۳۸	جلوگیر(ماژین)
۱۳۷۳-۱۳۷۴	۱/۰۷	۰/۴۴	ماشین	۱/۹۷	پل زال
۱۳۷۴-۱۳۷۵	۰/۶۱	-۰/۳۲	بتوند میانی	۱/۳۲	ماشین
۱۳۷۵-۱۳۷۶	-۰/۶۸	-۱/۳۹	بتوند(بهلول)	-۰/۰۱	نیسان-سوسنگرد
۱۳۷۶-۱۳۷۷	-۰/۷۹	۰/۳۳	حرمه	۱/۵۵	گرگر
۱۳۷۷-۱۳۷۸	-۰/۸۲	-۱/۴۸	دزفول	۰/۰۵	دهملا
۱۳۷۸-۱۳۷۹	-۱/۸۸	-۲/۳۳	باغملک	-۰/۹۹	بتوند شمالی
۱۳۷۹-۱۳۸۰	-۱/۸۰	-۲/۵۳	بوزی شادگان	-۰/۶۶	دو کوهه
۱۳۸۰-۱۳۸۱	۰/۱۲	-۲/۳۸	نیسان-سوسنگرد	۱/۷۴	بتوند جنوبی
۱۳۸۱-۱۳۸۲	-۰/۴۹	-۱/۹۰	دهملا	۰/۰۹	تله زنگ
۱۳۸۲-۱۳۸۳	۰/۰۵	-۱/۵۵	اندیکا	۰/۸۳	بهبهان تنگ تکاب
۱۳۸۳-۱۳۸۴	-۰/۰۷	-۱/۲۸	گرگر	۰/۸۵	پل منجنیق
۱۳۸۴-۱۳۸۵	۰/۴۶	-۰/۴۴	هوفل-سوسنگرد	۱/۸۸	جوکنک
۱۳۸۵-۱۳۸۶	-۰/۱۸	-۱/۹۳	جلوگیر(ماژین)	۰/۴۷	عرب اسد
۱۳۸۶-۱۳۸۷	-۱/۵۶	-۳/۳۸	شوشتر(گرگر)	-۰/۷۹	بهبهان تنگ تکاب



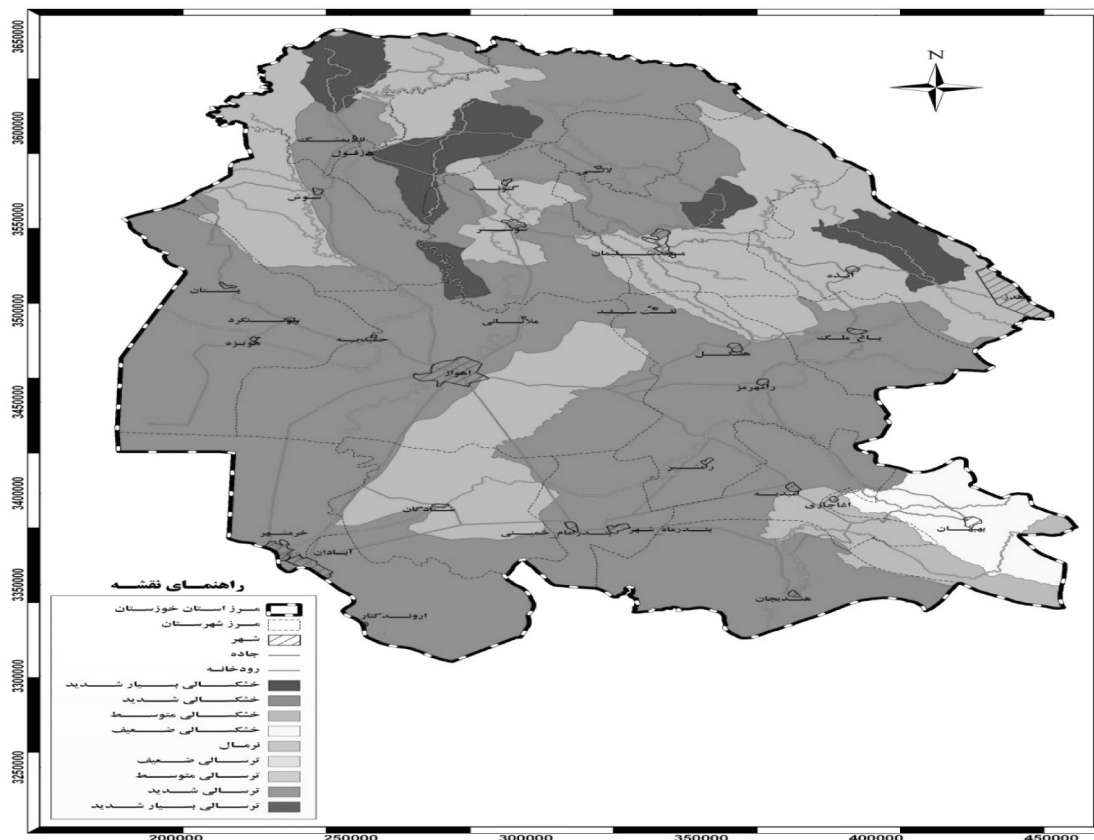
شکل ۹- میانگین وزنی متحرک ۱ الی ۷ ساله نمایه SDI ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۰- مقایسه تغییرات نمایه بارش (SPI) با نمایه جریان (SDI)

ایستگاه‌های منطقه در طول دوره طرح ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول (۲) سال ۸۷-۸۶ حداقل میزان نمایه SDI را در ایستگاه شوشتر داشته است که به میزان ۳/۳۸- بوده و در طول دوره ۴۲ سال هرگز دبی رودخانه‌ها به این مقدار کاهش پیدا نکرده است. نمودار میانگین متحرک (شکل ۹) نشان می‌دهد که یک دوره خشکسالی آب‌شناختی در سال‌های ۷۸ تا ۸۰ اتفاق افتاده است که می‌تواند ناشی از خشکسالی سال ۷۸ باشد و در سال‌های بعد نیز

با نمایه Z نمایش داده می‌شود. از این رو در تحلیل خشکسالی آب‌شناختی نمایه SDI مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور مقایسه شدیدترین خشکسالی هواشناسی با خشکسالی آب‌شناختی مقادیر نمایه SDI سال ۸۷-۸۶ در شکل (۸) اریه شده است. مقایسه شکل (۳) با (۸) نشان می‌دهد که هر دو نوع خشکسالی در این سال در سطح استان همزمان و فراگیر بوده است. در جدول شماره (۲) میانگین وزنی، حداقل و حداکثر نمایه SDI محاسبه شده در



شکل ۱۱- پهنه بندی خشکسالی در سال آبی ۱۳۸۷ - ۱۳۸۶ با استفاده از نمایه SDI

زمین نزدیک به زمان واقعی دریافت می‌شوند. سپس با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور بر اساس بازتابندگی در طول موج‌های مختلف، اطلاعات مورد نیاز برای پایش روند خشکسالی‌های کشاورزی استخراج می‌شود.

به منظور پایش خشکسالی تاکنون ماهواره‌های مختلفی در سراسر جهان به کار گرفته شده‌اند. از جمله ماهواره‌ها، NOAA- AVHRR با قدرت تفکیک زمانی ۱۶ ساعت و تفکیک مکانی ۱/۱ کیلومتر است، ماهواره ترا (TERAA) با سنجنده مودیس (MODIS) است.

در بررسی خشکسالی از دیدگاه کشاورزی سطح پوشش مرتع و دیم که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با فاصله زمانی کم، قابل پایش است استفاده شد. در بخش مرتع و دیم، آنچه حائز اهمیت زیاد می‌باشد این است که در بسیاری از مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک، ممکن است چندین سال، مقدار بارش در حد معمول نباشد. ولی جامعه‌ی گیاهی و جانوری آن منطقه با شرایط به وجود آمده، سازگاری پیدا کند و عواقب ناشی از خشکسالی چندان محسوس نباشد. در صورتی که در برخی مناطق با آب و هوا و اقلیم مرطوب، حتی بروز فواصل کوتاه بین بارش‌ها، ممکن است مسایل جدی ناشی از کم آبی را فراهم سازد.

مسئله مهم دیگر آن است که به‌طورمعمول عمده خسارات خشکسالی از هرجنبه آن درنهایت در بخش کشاورزی نمود پیدا

تاثیر گذار بوده است.

نکته مشترک و قابل توجه در شکل‌های ارائه شده این است که تنها دوره خشکسالی آب‌شناختی مورد بحث در طول دوره ۴۲ ساله در منطقه، در سال ۱۳۷۶-۱۳۷۵ رخ داده است و کماکان ادامه دارد. این در حالی است که تا قبل از سال آبی ۱۳۷۶-۱۳۷۵ براساس نمودار میانگین متحرک‌های باران و نمایه‌های منتج از آن، دوره‌های خشکسالی متعددی از نظر هواشناسی در منطقه رخ داده است. شکل (۱۰) مقایسه نوسانات نمایه بارندگی و نمایه دبی را نشان می‌دهد. همچنین شکل (۱۰) نشان می‌دهد که در بسیاری از سال‌ها خشکسالی هواشناسی و خشکسالی آب‌شناختی همزمان نیستند. دلیل اصلی آن عدم انطباق خشکسالی هواشناسی با خشکسالی آب‌شناختی به لحاظ توزیع زمانی و مکانی بارش می‌باشد. شکل (۱۱) گستره خشکسالی آب‌شناختی ۸۷-۸۶ را در سطح استان نشان می‌دهد. همچنانکه این نقشه نشان می‌دهد شدت خشکسالی در تمام مناطق و یا حوضه‌های آبخیز یکسان نیست.

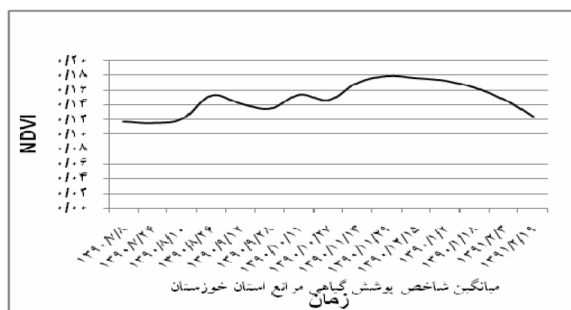
خشکسالی کشاورزی

مشاهدات فضایی دارای پتانسیل لازم برای پایش تغییرات در واحدهای مختلف سطح زمین هستند. از طریق این مشاهدات اطلاعات با قدرت تفکیک مکانی و زمانی در سطح وسیعی از

سال شمسی	۶۶	۶۷	۶۸	۶۹	۷۰	۷۱	۷۲	۷۳	۷۴	۷۵	۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸
مقدار نمایه NDVI	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۹

است، لکه ابری وجود داشته باشد، افت زیادی در مقدار NDVI آن به وجود خواهد آمد و اطلاعات مربوط به آن پیکسل از دست خواهد رفت. بنابراین استفاده از یک تصویر NDVI در یک زمان نمی‌تواند به طور کامل مشخص کننده پوشش گیاهی منطقه باشد. برای رفع این نقیصه به طور معمول برای یک دوره زمانی مشخص مقادیر NDVI منطقه محاسبه شده و در نهایت برای هر پیکسل بیشترین مقدار موجود در مقادیر NDVI این دوره زمانی انتخاب می‌شود. به این روش ترکیب بیشینه مقدار یا به اختصار MVC^۳ می‌گویند. نکته مهمی که در مورد تهیه تصاویر MVC باید ذکر گردد، این است که طول دوره زمانی و تعیین آن نیاز به تأمل و بررسی دارد. بدین منظور طول دوره رشد گیاهان مرتعی و دیم در نظر گرفته می‌شود. اطلاعات استفاده شده مربوط به NDVI دوره رشد گیاهان که اطلاعات ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰ آن مربوط به تصاویر NOAA و بقیه آن مربوط به سنجنده MODIS می‌باشد. متوسط نمایه پوشش گیاهی در مراتع استان (شکل ۱۲) با اینکه تراکم پوششی و نوع گونه‌های گیاهی تفاوت داشته، تغییرات را در ماه‌های مختلف به خوبی نشان می‌دهد.

این در حالی است که ایستگاه اندازه‌گیری بارش در این واحدها بسیار کم است و این تصاویر می‌تواند اطلاعات خوبی از واحدهای مرتعی دور از دست و فاقد آمار ارائه دهد.



شکل ۱۲- نوسانات نمایه پوشش گیاهی در مراتع استان

جدول (۳) مقادیر متوسط سالانه NDVI را برای کل استان نشان می‌دهد. مقایسه مقادیر نمایه پوشش گیاهی برای سال‌های مختلف با بارش، نشان از عدم تطابق خشکسالی کشاورزی (دیم و مرتع) با خشکسالی هواشناسی برای کل استان است.

می‌نماید. در بررسی انواع خشکسالی‌ها توجه به این نکته ضروری می‌باشد که "سال آبی" با "سال زراعی" تفاوت دارد. بطوری که ممکن است در یک سال آبی (که به طور عمده مبنای سنجش و ارزیابی خشکسالی و ترسالی شناخته می‌شود)، بارندگی در حدود نرمال و بالاتر باشد ولی توزیع زمانی و مکانی نزول آن منطبق بر نیازهای کشاورزی نباشد. در این صورت می‌توان گفت با توجه به عدم وقوع خشکسالی هواشناسی، خشکسالی کشاورزی رخ داده است. در واقع "سال زراعی" چند ماه از "سال آبی" را شامل می‌شود. شروع و خاتمه این ماه‌ها (سال زراعی)، به الگوی کشت غالب منطقه و در نتیجه با نیاز آبی تعیین می‌گردد. میزان پوشش گیاهی با نمایه NDVI سنجیده می‌شود که ذیلاً به آن پرداخته شده است.

بررسی نمایه گیاهی اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی

نمایه‌های گیاهی تبدیلات ریاضی هستند که بر اساس باندهای مختلف سنجنده‌ها تعریف شده و برای ارزیابی و بررسی گیاهان در مشاهدات ماهواره‌ای چند طیفی طراحی شده‌اند. به منظور بررسی پوشش گیاهی به کمک اطلاعات ماهواره‌ای نمایه‌های گوناگونی وجود دارد. این نمایه‌ها مانند نمایه NDVI، نمایه سلامت پوشش گیاهی (VCI)^۱ و نمایه وضعیت دما (TCI)^۲ و که پیشتر توضیح آن داده شده است.

نمایه گیاهی تفاضلی نرمال شده از معروف‌ترین و ساده‌ترین نمایه‌های گیاهی مورد استفاده بر حسب دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک است. دلیل استفاده از این باندها خاصیت جذب نور قرمز توسط رنگ‌دانه‌های موجود در سبزینه است که باعث می‌شود گیاهان انعکاس کمتری در این باند داشته باشند و در عین حال گیاهان در بخش مادون قرمز طیف الکترومغناطیس انعکاس شدیدی دارند. این نمایه به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

NDVI که در آن NIR بازتابش باند مادون قرمز و R بازتابش باند قرمز است که سنجنده ثبت می‌کند. یکی از عمده‌ترین خطاهایی که بر روی مقادیر NDVI به دست آمده برای یک منطقه اثر می‌گذارد، اثر ابرها و آلودگی‌های جوی از قبیل دود و مه و غبار می‌باشد. اگر بر روی پیکسلی که محتوی پوشش گیاهی متراکم

1- Vegetation Condition Index

2- Temperature Condition Index

کار بعد از مراحل پایش و شناخت روند خشکسالی‌ها و هم چنین تهیه بانک اطلاعات امکان‌پذیر می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از سازمان آب و برق خوزستان بخاطر حمایت و همکاری خوب‌شان و از شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه و کارشناسان مجرب آن که در انجام این پژوهش همکاری داشته‌اند صمیمانه تشکر و قدر دانی می‌شود.

منابع

- 1- Akhtari R., Mahdian M.H., and Morid S., 2006. Spatial analysis of SPI and EDI drought indices in Tehran province, J. of Iranian water resources. 3th years, No 3, pp 27-38. (In Persian).
- 2- Bnaccorso, B., I. Bord, A. Cancellere, G. Rossi and Sutera, A., 2003. Spatial variability of drought: an analysis of the SPI in Sicily, Water resources Research Management, 17:273-296.
- 3- Fatehi Marj A., and Bagherinia M., 2011. Investigation of rangelands drought of West of Iran using satellite MODIS images in 1386 to 1389. Iranian J. of Watershed Management. Vol5, No 16, Fall 2011, pp13-22. (In Persian).
- 4- Fisher T., Gemmer M., Su B. and Scholten T., 2013. Hydrological long-term dry and wet periods in the Xijiang River basin, South China. Hydrology and Earth system Sciences. 17, 135-148.
- 5- Gibbs, W. J. and Maher, J. V., 1967. Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of meteorology Builetin, 48, Common wealth of Australia, Melbourne
- 6- Liu, T. L., and R. I. Negron, 2001. ENSO Drought Onset Prediction in Northeast Brazil using NDVI. Int. Journal of Remote Sensing, Vol 22, No. 17, 3483-3501.
- 7- McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1995: Drought monitoring with multiple time scales, Preprints, 9th Conference on Applied Climatology, pp. 233-236, January 15-20, Dallas, Texas.
- 8- Moghadasi M., Baymazd S. and Morid S., 2005. Monitoring of drought in Tehran province using SPI, DI and EDI and GIS in 1998-2001. Human sciences MODARES , Vol 9, No1, pp197-220. In Persian.
- 9- Natale. H.K and Thian Yew Gan, 2003, Drought

مقایسه نمایه‌ها و خشکسالی‌های هواشناسی و آب‌شناختی

جریان رودخانه‌ها و مقادیر ثبت شده در هر ایستگاه وابستگی کاملی به مقادیر نزول جوی در حوضه آبریز آن ایستگاه دارد. بررسی نمودارها نشان می‌دهد که داده‌های دبی و نمایه‌های محاسبه شده فقط تحت تأثیر میزان باران در سال هدف نبوده و به میزان بارش در سال‌های قبل از سال هدف نیز وابسته می‌باشد. مقایسه پارامترهای باران و دبی و نمایه‌های منتج از آنها در شکل‌های (۷) و (۹) بیانگر آن است که شدیدترین خشکسالی هواشناسی در سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ رخ و شدیدترین خشکسالی آب‌شناختی در سال آبی ۱۳۷۹-۱۳۷۸ رخ داده است. بر این اساس شدیدترین ترسالی بوقوع پیوسته از هر دو دیدگاه هواشناسی و آب‌شناختی در سال آبی ۱۳۷۲-۱۳۷۱ رخ داده است. بنابراین نباید انتظار داشت با افزایش بارندگی، ترسالی آب‌شناختی و با کاهش بارندگی، خشکسالی آب‌شناختی اتفاق بیفتد. با پیش بینی و اطلاع از وقوع خشکسالی هواشناسی می‌توان برای برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب در سال‌های بعد کمک گرفت و خطر خشکسالی را در سال بعد کاهش داد.

نتیجه‌گیری

خشکسالی پدیده‌ای است که به صورت کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی جامعه تاثیر می‌گذارد. پایش به موقع و دقیق بر اساس اطلاعات مختلف، می‌تواند نقش مهمی در کاهش خسارات ناشی از خشکسالی داشته باشد. برای بررسی دقیق خشکسالی بایستی هر سه نوع خشکسالی هواشناسی، کشاورزی و آب‌شناختی همزمان بررسی و با تلفیق آنها ارزیابی درستی از وقوع و گستره خشکسالی در یک محدوده بدست آورد. نتایج این پژوهش نشان داد که همزمانی انواع خشکسالی در تمام سال‌ها وجود ندارد. سالی با بارش بیش از میانگین (سال ۱۳۷۰)، اما همراه با خشکسالی کشاورزی (مرتفع و دیم) و برعکس سالی که با بارش کمتر از میانگین بوده (سال ۱۳۶۷)، اما شرایط مرتفع و دیم بهتر از نرمال بوده است. این موارد ضرورت بررسی انواع خشکسالی و تعریف یک خشکسالی جامع و یا نمایه‌ای که همه این موارد را بیان کند، دوجندان می‌کند. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دقت زمانی و مکانی مناسب برای مناطق وسیع ارزیابی بهتری از وقوع خشکسالی حاصل می‌شود. همچنین این پژوهش نشان داده است که در دوره آماری مورد مطالعه در استان خوزستان، کاهش نزولات جوی و افزایش شدت خشکسالی‌ها و افزایش طول دوره وقوع آن‌ها رخ داده است. نتایج این پژوهش اطلاعات جمع‌آوری شده، مقدمه پیش‌بینی خشکسالی برای گام‌های زمانی کوتاه مدت، میان مدت و طولانی مدت است. با توجه به نتایج این پژوهش به منظور کاهش خسارت‌های مستقیم و غیر مستقیم، ناشی از خشکسالی‌های مخرب در استان خوزستان، براحتی می‌توان از کلیات وقوع حداقل یک گام زمانی بعد (سالانه، فصلی یا ماهانه) اطلاعاتی با احتمال وقوع آن کسب نمود. البته این

- 13- Tabari H., Nikbakht J. and Talaee P. H., 2013. Hydrological Drought Assessment in northwestern Iran based on streamflow drought index (SDI). *Water Resources Management* , 27, 137-151.
 - 14- Taherzadeh A., 2006. Drought analysis using GIS and RS in Minab basin. M.sc Thesis, Modares University, 130 pages.(In Persian).
 - 15- Tsakiris, G., and Vangelis, H., 2004. Towards a drought watch systems based on spatial SPI, *Water resources Research Management*, 18:1-12.
 - 16- Willeke, G., J. R. M. Hosking, J. R. Wallis, and N. B. Guttman, 1994: The National Drought Atlas, Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U. S. Army Corps of Engineers.
- indices and their application to east Africa. *Inter. Journal Climatol*, 23.
 - 10- Saravi m., Safdari A., and Mahdavi M., 2004. Intensity, Duration and frequency of drought in Karoon Basin using SPI. *J. of Iranian Natural resources*. Winter, No (4) 57. Pp 607-620.(In Persian).
 - 11-- Serogio, M., and Vicente S., 2006. "Differences in Patterns of Drought on Different Time Scales: An Analysis of the Iberian Peninsula", *Water Resources Management* (2006)20:37-60. DOI:10.1007/s11269-006-2974-8.
 - 12- Szalai, S. and Szinell, C. 2000. Comparison of two drought indices for drought monitoring in Hungary - a case study. In J. V. Vogt and F. Somma, editors, *Drought and Drought Mitigation in Europe*, pages 161-166. Kluwer, Dordrecht. 325pp.