

## بررسی و شناسایی پهنه‌های مستعد خطر خشکسالی هواشناسی (پژوهش موردی: مناطق هشت گانه استان خراسان شمالی)

علیرضا اسلامی<sup>۱\*</sup>، جواد میری سلیمان<sup>۲</sup> و مرضیه رشیدی جوشقان<sup>۳</sup>

- ۱- استادیار پژوهشی/ بخش تحقیقات مهندسی هیدرولوژی و منابع آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، (\* نویسنده مسئول، [Ar.Eslami@areeo.ac.ir](mailto:Ar.Eslami@areeo.ac.ir))
- ۲- کارشناس ارشد، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران ([j.mirisoliman@gmail.com](mailto:j.mirisoliman@gmail.com))
- ۳- کارشناس ارشد، دانش آموخته دانشگاه تربیت مدرس، بجنورد، ایران ([Rashidimarziye@yahoo.com](mailto:Rashidimarziye@yahoo.com))

### چکیده

در این تحقیق به منظور تعیین وضعیت خشکسالی داده‌های بارش ماهیانه ۲۷ ایستگاه هواشناسی در سطح استان خراسان شمالی طی دوره ۲۶ ساله (۲۰۱۵-۱۹۹۰) استفاده شد. به منظور تعیین ویژگی‌های خشکسالی با طبقات ضعیف، متوسط، شدید و خیلی شدید از شاخص دهک‌ها (**Deciles Index; DI**) استفاده شد. بر این اساس درصد فراوانی وقوع خشکسالی‌ها نیز در مقیاس زمانی سالانه در هر یک از ایستگاه‌ها محاسبه گردید. نقشه پهنه بندی خشکسالی‌ها با روش درون یابی **IDW** در محیط **Arc GIS** تهیه شد. وضعیت‌های مختلف خشکسالی بر اساس شاخص **DI** در مقیاس سالانه محاسبه و نقشه پهنه بندی آن تهیه شد. نتایج نشان داد که شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ در منطقه به وقوع پیوسته است. در مقیاس زمانی سالیانه، بیش‌ترین درصد فراوانی وقوع خشکسالی خیلی شدید با ۲۶/۹۲ درصد در ایستگاه‌های سیسپاب، رسالت، اسفراین، درکش، دربند سملقان، آغ‌مزار اتفاق افتاده است. بیش‌ترین درصد فراوانی وقوع خشکسالی شدید در ایستگاه جاجرم با ۲۰ درصد و بیش‌ترین درصد فراوانی وقوع خشکسالی متوسط سالیانه با ۲۳/۰۸ درصد در ایستگاه‌های اینچه‌علیا و علی محمد اتفاق افتاده است. همچنین بر اساس شاخص خطر خشکسالی (**Drought Hazard Index; DHI**) در مقیاس سالانه، نتایج نشان داد که پهنه جنوب غربی و قسمتی از شمال شرقی منطقه به گستره‌ای معادل ۴۱/۱۳ درصد از مساحت استان در معرض خطر وقوع خشکسالی شدید بوده و مستعد تا این درجه از خشکسالی می‌باشد. بخش‌های مرکزی و جنوبی استان و بخش کوچکی از شمال شهرستان راز و جرگلان (جمعا با ۴۰/۳۴ درصد از مساحت استان) نیز خطر خشکسالی با وضعیت متوسط را به خود اختصاص داده است. بر این اساس حدود ۸۰ درصد از کل سطح استان، مستعد خطر خشکسالی شدید و متوسط است. همچنین ۱۰/۳۹ درصد مساحت استان (شهرستان شیروان و بخش جنوب غربی استان شامل بخش‌هایی از شهرستان گرمه و جاجرم) نیز در معرض خطر خشکسالی خیلی شدید قرار گرفته است. در نهایت تنها سطح بسیار کمی از استان (۸/۱۴ درصد مساحت) خطر خشکسالی کم را تجربه کرده است. این بدان معناست که عملا خطرات و پیامدهای ناشی از پدیده خشکسالی به ویژه با شدت‌های زیاد، منطقه مورد پژوهش را بطور جدی تهدید می‌کند. اهمیت این موضوع در برنامه ریزی فعالیت‌های کشاورزی و استفاده بهینه از منابع طبیعی به خصوص در این استان که که معیشت بهره برداران کشاورزی آن به زراعت دیم نیز وابسته می‌باشد، دو چندان می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی هواشناسی، شاخص دهک، درصد وقوع خشکسالی، خطرپذیری خشکسالی، خراسان شمالی

## مقدمه

آسیب پذیری منابع طبیعی و آب و حساسیت آن‌ها در برابر مخاطرات آب و هوایی نظیر تغییر اقلیم و پدیده خشکسالی از جمله چالش‌های مهمی است که در سال‌های اخیر نظر دولت‌مردان، مسئولین، ذیربطان و نیز کارشناسان علوم مختلف از جمله منابع طبیعی و به‌ویژه پژوهشگران علوم و مهندسی منابع آب را به خود جلب نموده است. خشکسالی پدیده‌ای طبیعی و پیچیده با شدت‌های مختلف است که هر ساله در بخش‌های مختلفی از جهان به‌طور مستقیم و غیر مستقیم تاثیر می‌گذارد. (Hisdal و Tallaksen, ۲۰۰۳). گفتنی است خشکسالی در مناطق خشک در مقایسه با وقوع سیل خطرناک‌تر می‌باشد. (Mohn و Sahoo, ۲۰۰۸) وقوع خشکسالی در هر منطقه به نوع اقلیم منطقه بستگی دارد به‌طوری‌که در بعضی از بخش‌های جهان اگر بارندگی به مدت یک هفته و در بعضی دیگر از مناطق اگر بارندگی به مدت دو سال در منطقه اتفاق نیافتد، خشکسالی رخ خواهد داد. بارندگی یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی است که به‌طور مستقیم در خشکسالی‌های منطقه تاثیر دارد. (Hong و Hayes, ۲۰۰۱) در این میان خشکسالی هواشناسی اساساً به کمبود باران نسبت به دراز مدت اطلاق می‌شود که بعنوان اولین نشانه‌ی بروز خشکسالی نیز است. زمانی که خشکسالی آغاز می‌شود، بخش کشاورزی بدلیل وابستگی بیش از حد به ذخیره رطوبتی خاک، معمولاً نخستین بخشی است که تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در برابر پدیده پیچیده خشکسالی که جهات مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی را متأثر می‌سازد، ذیربطان با مسائل مهمی نظیر چگونگی تعیین مراحل و شدت خشکسالی‌ها و اقدامات مورد نیاز جهت تعدیل اثرات متعدد و متنوع آن مواجه می‌شوند. اگرچه خشکسالی یک خطر طبیعی محسوب می‌شود اما ممکن است توسط پدیده تغییر اقلیم نیز تشدید شود. روان‌آب‌ها، آبدهی رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی، شدت و تواتر سیلاب‌ها و خشک‌سالی‌ها همگی از جنبه‌های کمی، کیفی و زیست‌محیطی متأثر از تغییرات در میزان بارش و درجه‌حرارت به‌عنوان مهم‌ترین عناصر اقلیمی، می‌باشند. به‌نحوی که وقوع خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی بسته به شدت و ضعف آن‌ها، نیاز بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب و صنعت را به‌طور جدی تحت تاثیر خود قرار می‌دهند.

امروزه در جهان، تصمیم‌گیران در مواجهه با خشکسالی با نگاه مدیریت ریسک به مسئله نگریسته و در کنار آن در مواقع مختلف تلفیقی از مدیریت بحران و ریسک را به صورت توأمان مدنظر دارند. (Vanyarkho و Wilhite, ۲۰۰۰). در این ارتباط به ویژه از منظر تحلیل خطرپذیری خشکسالی، مشخصه‌هایی نظیر شدت، مدت، فراوانی و پهنه‌های مکانی وقوع خشکسالی از اهمیت خاصی برخوردارند (Rajsekhar و همکاران، ۲۰۱۵) به طور کلی، لازمه سیستم مدیریتی جامع نگر خشکسالی، داشتن اطلاعات کافی از قسمت‌های مختلف در سطح منطقه و شناخت کافی از خطرهای و اثرات زیان بار خشکسالی و همچنین میزان آسیب پذیری مناطق مورد بررسی می‌باشد، تا واکنش‌ها و تصمیم‌گیری‌های مناسبی را در جهت کاهش خطرات و آسیب‌ها داشته باشیم. در این راستا پهنه بندی خطر خشکسالی و تهیه نقشه‌های آسیب پذیری خشکسالی، نخستین گام اجرا و پیاده سازی مدیریت جامع نگر خشکسالی می‌باشد (اکرامی و همکاران، ۱۳۹۲). از این رو چگونگی وضعیت خطرپذیری خشکسالی مناطق تحت این بررسی به ویژه در سه دهه اخیر، مسئله مهم مورد این پژوهش بوده است. انجام این پژوهش در واقع اولویت بندی مناطق و تعیین راه کارهای مناسب کاهش خسارات ناشی از خشکسالی‌ها و نیز برنامه ریزی دقیق‌تری را برای اقدامات سازگاری با شرایط کم آبی و خشکسالی بدنبال دارد.

امروزه برای پایش و ارزیابی خشکسالی شاخص‌های متعددی ارائه شده است که هر یک از این شاخص‌ها بر اساس به کارگیری متغیرهای ورودی برای محاسبه و روش محاسباتی آن، متفاوت می‌باشند. (Tsakaris و Nalbantis, ۲۰۰۶) (رضیعی، ۱۳۹۵) با استفاده از مدل‌های سری زمانی و زنجیره مارکف مرتبه اول امکان پیش بینی پدیده خشکسالی در بخش خشک و نیمه‌خشک مرکز و شرق ایران مورد بررسی قرار داد، برای این منظور با استفاده از داده‌های بارش ۶۹ ایستگاه سینوپتیک و اقلیم‌شناسی منطقه مورد مطالعه در دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۵ نمایه SPI در مقیاس‌های زمانی سه، شش و ۱۲ ماهه برای همه ایستگاه‌ها محاسبه شد. نتیجه این بررسی نشان داد که احتمال رسیدن از یک حالت معین به همان حالت در ماه بعدی در همه ایستگاه‌ها بسیار زیاد و اغلب بیش از ۶۰ درصد است. در مقابل احتمال گذر از یک وضعیت به وضعیت مخالف در همه ایستگاه‌ها بسیار پائین و اغلب کمتر از ۱۰ درصد است. و (Saunders و Lloyd-Hughes, ۲۰۰۲) نیز با بهره‌گیری از شاخص خشکسالی و داده‌های بارندگی و ماهواره‌ای کل اروپا وضعیت این قاره را از نظر خشکسالی مورد بررسی قرار داده است. آن‌ها پس از تعیین دوره‌های خشک و مرطوب، مناطق مستعد به خشکسالی اروپا

را شناسائی و با استفاده از روش آماری تحلیل مولفه‌های اصلی و Wavelet به بررسی تغییرات زمانی و مکانی خشکسالی در اروپا پرداخته و قابلیت پیش‌بینی خشکسالی در این قاره و ارتباط آن با شاخص‌های اقلیمی مثل NAO و ENSO را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده است. با استفاده از شاخص SPI، دوره‌های خشک و تر در ایتالیا (Bonaccorso و همکاران، ۲۰۰۱). (Sutera، ۲۰۰۳)، یونان (Tsakiris و Vangels، ۲۰۰۴)، و آفریقای جنوبی (Natale و Yew Gan، ۲۰۰۳). مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. Hayes (2006) نیز شاخص درصد نرمال را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد و به محاسن و معایب این روش اشاره نمود.

در تحقیق (قاسمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۳) شاخص بارش استاندارد شده (SPI) مورد استفاده و ضمن استخراج نقشه درصد وقوع خشکسالی در هر یک از شدت‌ها، سپس نقشه شاخص خطر خشکسالی بدست آمد. (شهید و بهروان، ۲۰۰۸) از شاخص SPI در محیط GIS برای نقشه‌سازی محدوده مکانی خطر خشکسالی در دوره‌های مختلف زمانی در قسمت غربی بنگلادش استفاده کردند. (کاملی و همکاران، ۲۰۱۷) برای محاسبه شاخص خطرپذیری خشکسالی به ترتیب از شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، شاخص رواناب (SRI) و شاخص رطوبت خاک استاندارد شده (SSWI) استفاده کردند. برای هر سه نوع خشکسالی، شدت و احتمال وقوع خشکسالی در هر شاخص محاسبه و در نهایت شاخص خطرپذیری خشکسالی (DHI) تعیین گردید. (Rajsekhar و همکاران، ۲۰۱۵) تاثیرات احتمالی تغییرات اقلیمی در خصوص انواع خشکسالی در منطقه تگزاس بررسی کردند. در این تحقیق آسیب‌پذیری خشکسالی با در نظر گرفتن عوامل مختلف اجتماعی و اقتصادی و با استفاده از شاخص خطر خشکسالی، مورد ارزیابی قرار گرفت. (Maccioni و همکاران، ۲۰۱۴) با استفاده از سه شاخص SPI، SPETI و RDI و داده‌های بارندگی و دما، خشکسالی‌ها را در مقیاس زمانی ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه در حوضه رودخانه تیبر (Tiber) واقع در ایتالیای مرکزی محاسبه و در نهایت شاخص خطر خشکسالی (DHI) محاسبه و نقشه پهنه بندی را تهیه کردند. در تحقیق (خادمی‌پور و همکاران، ۲۰۱۸) پس از تحلیل خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص SPI، شاخص خطر خشکسالی محاسبه گردید.

## مواد و روش‌ها

### - منطقه مورد پژوهش

استان خراسان شمالی بین مدارهای "۳۶۰ ۴۲" و "۳۸۰ ۱۴" شمالی و نصف النهارهای "۵۶۰ ۳۱" و "۵۸۰ ۳۰" شرقی در شمال شرقی ایران واقع شده که مساحت آن ۲۸۱۶۶ کیلومترمربع بوده و ۱۰۷۱ درصد مساحت کشور را تشکیل می‌دهد. متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۲۶ متر است، بلندترین نقطه آن با ۳۰۵۱ متر در ارتفاعات آلاداغ (قله شاه جهان) و پائین‌ترین نقطه آن در شهرستان مانه و سملقان با ۴۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه استان ۲۶۵ میلی متری باشد، که بیشترین آن با مقدار ۴۶۸ میلیمتر در شهرستان مانه و سملقان و در ایستگاه درکش و کمترین آن به مقدار ۱۲۰ میلیمتر در ایستگاه جاجرم ثبت شده است. توزیع زمانی بارندگی فصلی در منطقه نیز نشان می‌دهد که بیشترین میزان بارندگی در فصل زمستان و فروردین ماه نازل می‌شود. برای انجام طرح در ابتدا ایستگاه‌های هواشناسی که دارای آماری با وضعیت مناسبی از نظر طول دوره، صحت، دقت و همگنی بودند، تعیین شدند. در این خصوص داده‌های بارش روزانه تعداد ۲۷ ایستگاه هواشناسی (سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران سنجی) در بازه زمانی ۲۶ ساله (۲۰۱۵-۱۹۹۰) جمع‌آوری گردید. سپس به منظور تعیین وضعیت‌های مختلف خشکسالی بر اساس نتایج پژوهش‌های صورت گرفته به ویژه (Hong wu و همکاران، ۲۰۰۲)، (اسلامی و شکوهی، ۱۳۹۱). شاخص دهک‌ها (Deciles Index; DI) به عنوان شاخص مناسب ارزیابی انتخاب گردید. جدول ۱ طبقه‌بندی خشکسالی‌ها را بر اساس این شاخص نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که تعیین وضعیت‌های مختلف و تحلیل آن‌ها برای مقیاس زمانی سالانه که این کار با استفاده از نرم افزار DIP (Drought Indices Package) صورت گرفت. در مرحله بعد درصد احتمال فراوانی وقوع خشکسالی برای تمامی وضعیت‌های شاخص DI محاسبه شد. به منظور تعمیم منطقه‌ای نتایج تحلیل نقطه‌ای خشکسالی و تهیه نقشه‌های پهنه بندی وضعیت‌های خشکسالی و نیز مقادیر درصد فراوانی وقوع خشکسالی‌های متوسط، شدید و خیلی شدید در نقاط ایستگاه‌ها، نقشه پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از روش درونیابی (IDW) در محیط نرم افزار Arc GIS تهیه گردید.

جدول ۱- طبقه بندی خشکسالی با استفاده از شاخص دهکها (Deciles Index)

رتبه دهک	دهکها	وضعیت خشکسالی	رتبه دهک	دهکها	وضعیت خشکسالی
یک	کمتر از ۱۰ درصد	خشکسالی خیلی شدید	هفت	۶۰ تا ۷۰ درصد	ترسالی ضعیف
دو	۱۰ تا ۲۰ درصد	خشکسالی شدید	هشت	۷۰ تا ۸۰ درصد	ترسالی متوسط
سه	۲۰ تا ۳۰ درصد	خشکسالی متوسط	نه	۸۰ تا ۹۰ درصد	ترسالی شدید
چهار	۳۰ تا ۴۰ درصد	خشکسالی ضعیف	ده	۹۰ تا ۱۰۰ درصد	ترسالی خیلی شدید
پنج و شش	۴۰ تا ۶۰ درصد	نرمال			

از سویی دیگر برای هر یک از وضعیت های خشکسالی، بر اساس جداول استاندارد خطرپذیری خشکسالی روش (Mckee) و همکاران (۱۹۹۳) همچنین استفاده از منابع جدید علمی معتبر، اوزان (Weights) و درجات (Rates) متناسب استخراج شد (جدول ۲).

جدول ۲- وزن و درجات مربوط به نقشه های شدت خشکسالی (قاسمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۳، Rajsekhar et al; 2015)

وضعیت خشکسالی	وزن	درصد وقوع	درجه
متوسط	یک	> ۳	۱
		۳-۵	۲
		۵-۸	۳
		۸-۱۲	۴
		< ۱۲	۵
شدید	دو	> ۳	۱
		۳-۴	۲
		۴-۵	۳
		۵-۶	۴
		< ۶	۵
خیلی شدید	سه	> ۱	۱
		۱-۲	۲
		۲-۳	۳
		۳-۴	۴
		< ۴	۵

#### - برآورد و تحلیل شاخص خطر خشکسالی (Drought Hazard Index; DHI)

در مرحله بعد شاخص خطر خشکسالی با استفاده از جدول ۲ و رابطه (۱) با هدف تلفیق شدت وضعیت های مختلف خشکسالی با درصد احتمال وقوع آن ها برای مقیاس های زمانی سالانه محاسبه شد.

$$DHI = (MDr \times MDw) + (SDr \times SDw) + (VSDr \times VSDw) \quad \text{رابطه (۱)}$$

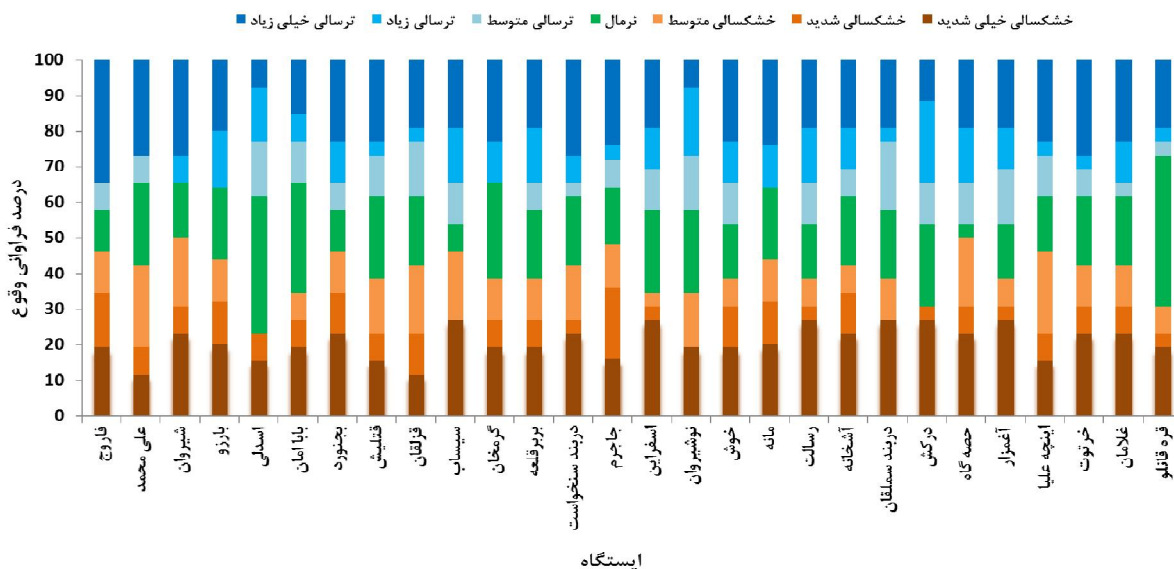
که در این رابطه: DHI شاخص خطر خشکسالی، MDr درجه مربوط به حالت خشکسالی متوسط، MDw وزن مربوط به حالت خشکسالی متوسط، SDr درجه مربوط به حالت خشکسالی شدید، SDw وزن مربوط به حالت خشکسالی شدید، VSDr درجه مربوط به حالت خشکسالی خیلی شدید، VSDw وزن مربوط به حالت خشکسالی خیلی شدید. در انتها پهنه های خطر خشکسالی هواشناسی برای عرصه های مختلف منطقه مورد پژوهش در محیط GIS درون یابی گردید. در این خصوص طبقه بندی DHI با اقتباس از تحقیقات (Rajsekhar et al; 2015) کلاس بندی گردید (جدول ۳).

جدول ۳- کلاس بندی DHI برای خطر خشکسالی

کلاس	مقدار DHI
بدون خطر	<۱۰
خطر کم	۱۰-۱۵
خطر متوسط	۱۵-۲۰
خطر زیاد	۲۰-۲۵
خطر خیلی زیاد	۲۵<

### نتایج و بحث

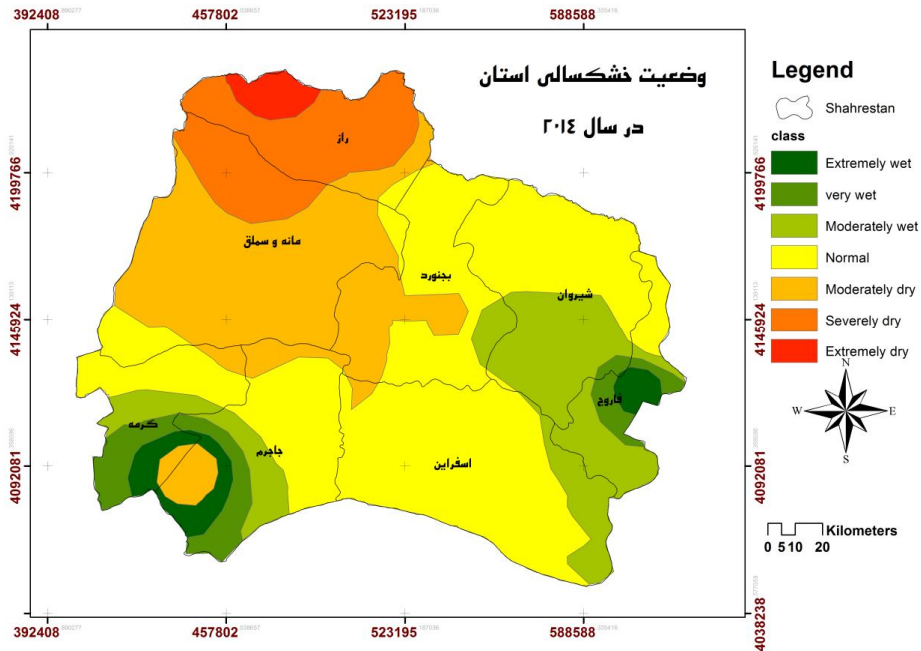
درصد فراوانی وقوع هر یک از وضعیت های خشکسالی در ایستگاه ها به عنوان نمونه برای مقیاس سالانه در نمودار ستونی شکل ۱ آورده شده است. بیشترین درصد فراوانی وقوع خشکسالی خیلی شدید سالیانه با ۲۶/۹۲ درصد در ایستگاه های سیسب، رسالت، اسفراین، درکش، دربند سملقان، آغمزار و کمترین آن ها در ایستگاه های قزلقان و علی محمد با ۱۱/۵۴ درصد اتفاق افتاده است. بیشترین درصد فراوانی وقوع خشکسالی شدید در ایستگاه جاجرم با ۲۰ درصد و کمترین در ایستگاه آغمزار، درکش، اسفراین، رسالت، دربند سنخواست و قره قانلو با ۳/۵۸ درصد فراوانی بوده است. بیشترین درصد فراوانی وقوع خشکسالی متوسط با ۲۳/۰۸ درصد در ایستگاه های اینچه علیا و علی محمد و کمترین با ۳/۸۵ درصد در ایستگاه اسفراین اتفاق افتاده است.



شکل ۱- نمودار ستونی درصد فراوانی وقوع وضعیت های خشکسالی سالانه در ایستگاه ها

### بررسی و تحلیل وضعیت های خشکسالی سالیانه

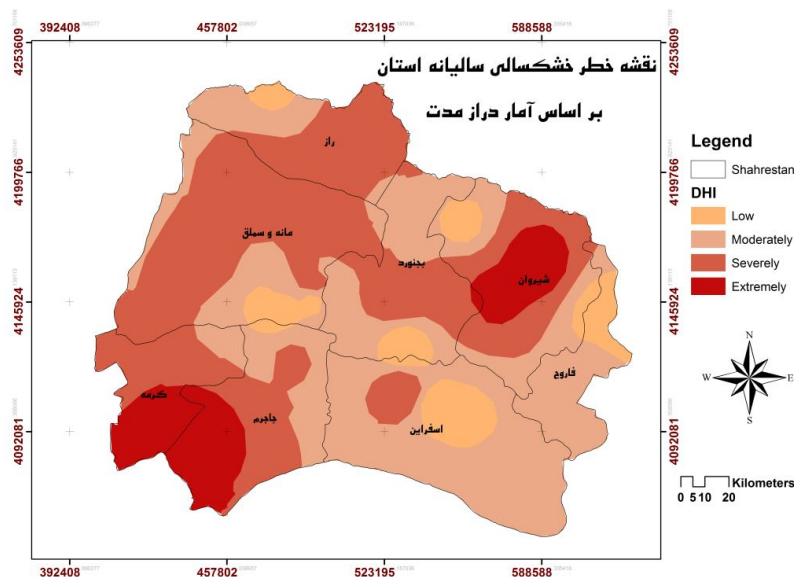
بر اساس محاسبات و استخراج پهنه های خشکسالی، بیشترین خشکسالی با وضعیت متوسط در سطح استان در سال های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۸ به وقوع پیوسته است. خشکسالی با وضعیت شدید در سال ۱۹۹۵ و خشکسالی خیلی شدید در سال های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ بر بیشترین گستره استان حاکم بوده است. شکل ۲ پهنه وضعیت های مختلف را برای نمونه در سال ۲۰۱۴ نشان می دهد.



شکل ۲- پهنه بندی وضعیت های مختلف خشکسالی استان در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳

ارزیابی خطر خشکسالی در مقیاس زمانی سالیانه (Assessment of Drought Hazard)

بررسی نتایج نشان داد (شکل ۳) که خطر خشکسالی در مقیاس زمانی سالیانه در سطح منطقه از وضعیت کم تا خیلی شدید نوسان دارد. بیشترین وسعت منطقه (۴۱/۱۳ درصد مساحت) واقع در جنوب غربی و بخشی از شمال شرقی مستعد خطر خشکسالی شدید می باشد. بخش های مرکزی و جنوبی استان و بخش کوچکی از شمال شهرستان راز (۴۰/۳۴ درصد مساحت استان) مستعد خطر خشکسالی با وضعیت متوسط می باشد. بر این اساس در حدود ۸۰ درصد از کل سطح استان، مستعد وقوع خطر خشکسالی شدید و متوسط قرار گرفته است. همچنین ۱۰/۳۹ درصد مساحت استان (شهرستان شیروان و بخش جنوب غربی استان شامل بخش هایی از شهرستان گرمه و جاجرم) نیز در معرض وقوع خطر خشکسالی خیلی شدید قرار گرفته است. در نهایت تنها سطح بسیار کمی از استان (۸/۱۴ درصد مساحت) مستعد وقوع خطر خشکسالی کم می باشد.



شکل ۳- نقشه مناطق مستعد خطر خشکسالی در بازه زمانی سالیانه در استان خراسان شمالی (دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۹۰)

## نتیجه گیری

بررسی‌ها نشان داد که شدیدترین خشکسالی‌ها در استان خراسان شمالی در سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ اتفاق افتاده است که وضعیت خشکسالی در سطح وسیعی از این استان شدید بوده است. بیش‌ترین درصد فراوانی وقوع خشکسالی خیلی شدید سالیانه در ایستگاه‌های سیسب، رسالت، اسفراین، درکش، دربند سملقان، آغمزار اتفاق افتاده است. بیش‌ترین درصد فراوانی وقوع خشکسالی شدید در ایستگاه جاجرم و بیش‌ترین درصد فراوانی وقوع خشکسالی متوسط در ایستگاه‌های اینچه‌علیا و علی محمد اتفاق افتاده است. از سویی بر اساس نتایج حاصله حدود ۸۰ درصد از سطح کل استان، در معرض وقوع خطر خشکسالی شدید و متوسط در مقیاس زمانی سالانه قرار گرفته و از این منظر مستعد می‌باشد. همچنین ۱۰/۳۹ درصد مساحت استان در معرض وقوع خطر خشکسالی خیلی شدید قرار گرفته و تنها سطح بسیار کمی از استان (۸/۱۴ درصد مساحت) مستعد وقوع خطر خشکسالی کم می‌باشد. این بدان معناست که عملاً خطرات و پیامدهای ناشی از پدیده خشکسالی به ویژه با شدت‌های زیاد استان خراسان شمالی را بطور جدی تهدید می‌کند. اهمیت این موضوع در برنامه ریزی فعالیت‌های کشاورزی و استفاده بهینه از منابع طبیعی به خصوص در این استان که معیشت بهره برداران کشاورزی آن به زراعت دیم نیز وابسته است، دو چندان می‌نماید.

## تشکر و قدردانی

اجرای این پژوهش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان شمالی و نیز با حمایت سازمان جهاد کشاورزی استان انجام شده است. بدینوسیله از کلیه دست‌اندرکاران که در انجام آن همکاری داشته‌اند، تقدیر و تشکر بعمل می‌آید.

## منابع

- اسلامی، ع، ا، شکوهی، ع، ا، (۱۳۹۱)، مقایسه کارایی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در مناطق شبه مدیترانه‌ای (مطالعه موردی: حوزه های آبخیز مازندران)، مجموعه مقالات سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه مازندران - ساری، ۱۰ صفحه.
- اکرامی، م، اختصاصی، م، ر، ملکی نژاد، ح، ۱۳۹۲، آثار و پیامدهای خشکسالی اقلیمی بر تأخیر زمانی و تغییر رژیم آبدهی قنوات و چشمه‌ها (مطالعه موردی: دشت یزد- اردکان)، تحقیقات منابع آب ایران، سال نهم، شماره ۲، صفحات ۱۹-۲۶.
- رضیعی، ط، ۱۳۹۵، پیش‌بینی خشکسالی در منطقه خشک و نیمه‌خشک ایران با استفاده از مدل‌های سری زمانی و زنجیره مارکف، نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۸، شماره ۴، صفحات ۴۵۴-۴۷۷.
- قاسمی‌نژاد، س، سلطانی، س، سفیانیان، ع، ر، ۱۳۹۳، ارزیابی ریسک خشکسالی استان اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۸ (۶۳): ۲۲۵-۲۱۳.
- Bonaccorso B, Bordi I, Cancelliere A, Rossi G, Sutera A (2003) Spatial variability of drought: an analysis of the SPI in Sicily. *Water Resour Manag* 17:273-296.
- Bordi, I. and Sutera, A.: Fifty years of precipitation: some spatially remote teleconnections, *Water Resour. Manag.*, 15, 247-280, 2001.
- east Africa. *International Journal of Climatology*. 23: 26-33.
- Hayes M J. 2006. Comparison of Major Drought Indices. National Drought Mitigation Center. <http://drought.unl.edu/Planning/Monitoring/ComparisonofIndicesIntro.aspx>. Accessed on 17th January 2014
- Hayes, M. J. Svoboda, M. D. Wilhite, D. A and Vanyarkho, O. (1999). Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80, pp: 429-438.
- Hisdal, H and Tallaksen, L. (2003). Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristic: a case study for Denmark, *Journal of Hydrology*, 281, pp: 230-247.
- Hong, W and Hayes, J. (2001). An evaluation of the standardized precipitation index, The China- Z Index and the statistical Z-Score *Int. J. Climatol*, 21, pp: 745- 758.
- Hong, W and Hayes, J. 2001. An evaluation of the standardized precipitation index, The China- Z Index and the statistical Z-Score *Int. J. Climatol*, 21, pp: 745- 758.
- Kamali , B., Houshmand Kouchi, D., Yang, H. and Abbaspour, K. 2017. Multilevel Drought Hazard Assessment under Climate Change Scenarios in Semi-Arid Regions—A Case Study of the Karkheh River

- Basin in Iran, *Water*, 9, 241, 1-17.
- Khadempour G, Saberi Anari S M, Nekoyi Moghadam M, Masoudi A, Jafari Baghini R. 2018. Comprehensive Assessment and Zonation of Drought Risk and Vulnerability in Kerman Province. *hdq*. 2018; 3 (2) :113-120.
- Lloyd-Hughes, B. and Saunders, M. 2002, A drought climatology for Europe, *A drought climatology for Europe*, 22 (13): 1571-1592.
- Maccioni, P. ; Kossida, M., Brocca, L. and Moramarco, T. 2014. Assessment of the Drought Hazard in the Tiber River Basin in Central Italy and a Comparison of New and Commonly Used Meteorological Indicators, *ASCE*, 05014029-1.
- Mckee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration on time scales. PP.179-184. In: 8th Conf. on Appl. Climatol. Anaheim, CA.
- Mohan, S and Sahoo, P. K. (2008). Stochastic simulation of droughts, *Hydrological Processes*, 22, pp: 854-862.
- Nalbantis, I., and Tsakiris, G. 2009. Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23(5), 881-897.
- Natale, H.K., and Yew Gan, T. (2003). Drought indices and their application to
- Rajsekhar, D., Singh, V. and Mishra, A. 2015. Integrated drought causality, hazard, and vulnerability assessment for future socioeconomic scenarios: An information theory perspective. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 10.1002/2014JD022670, 6346-6378
- Shahid, S. and H. Behravan. 2008. Drought risk assessment in the western part of Bangladesh. *J. Natur. Hazard Rev.* 46(3):391-413.
- Tsakiris, G., Vangelis, H. 2004, Toward a drought watch system based on spatial SPI. *Water resources Management*: 18(1), 1-12.
- Wilhite, Donald A. and Vanyarkho, Olga V., "Chapter 18 Drought: Pervasive Impacts of a Creeping Phenomenon" (2000). *Drought Mitigation Center Faculty Publications*. 71.