

اثر دگرگونی‌های آب و هوایی بر ناآرامی‌های حاصل از تنش منابع آب (مورد مطالعه: شرق اصفهان)

حسن نوری امامزاده^۱، یحیی میرشکاران^{۲*}

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مدیریت انتظامی، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران

^۲استادیار جغرافیا دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۰۴

چکیده

عواملی نظیر رشد جمعیت مصرف بی‌رویه آب، تغییرات آب‌وهوایی، گرم شدن کره زمین هدر رفتن آب، آلودگی آب و عدم مدیریت صحیح باعث می‌شوند که منابع آب طبیعی، در حال تمام شدن بوده و هر تغییری در مقدار آن تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم اقتصادی سیاسی، اجتماعی امنیتی، بر جای بگذارد. لذا تحقیق حاصل باهدف شناسایی مناطق مستعد بحران آب در محدوده شرق اصفهان انجام گرفته است. این مطالعه به‌صورت توصیفی-تحلیلی بوده و تمام ناآرامی‌های اتفاق افتاده در منطقه شرق اصفهان، مورد بررسی قرار گرفته است. ابزار گردآوری اطلاعات شامل: مطالعات کتابخانه‌ای، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، داده‌های پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی آب‌های سطحی و زیرزمینی بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌وسیله‌ی مقایسه نقشه‌های فضایی و همچنین داده‌های ناآرامی‌های منطقه در نرم‌افزار ARC GIS انجام شد. مساحت محدوده بحرانی (خشک‌سالی شدید و خیلی شدید) در سال ۹۱ کمترین و در سال ۹۶ بیشترین مقدار بوده که نشانه درگیر شدن مناطق بیشتری از منطقه با بحران آب و در نتیجه افزایش، احتمالاً تعداد ناآرامی‌ها مواجه می‌گردد. همچنین روند محدوده‌های بحرانی (خشک‌سالی‌های شدید و خیلی شدید) تقریباً ثابت بوده و در سال ۹۶ به یک‌باره حدود ۲۵ درصد به نسبت سال ۹۵ افزایش پیدا کرده است. در نتیجه بحران شدید منابع آب در این مناطق، کشاورزی و معیشت مردم را تحت تأثیر قرار داده و نشان‌دهنده درگیر شدن مناطق بیشتری از منطقه با بحران آب است که به‌تبع آن احتمالاً تعداد ناآرامی‌ها نیز بیشتر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دگرگونی آب و هوا، ناآرامی و تنش، بحران آب، شرق اصفهان.

مقدمه

احداث آب‌انبارها مشاهده کرد. اکنون یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی هر ملتی، مصرف سرانه آب است و در اکثر ممالک برای داشتن ذخیره کافی آب برای جمعیت در حال رشد مبالغ هنگفتی سرمایه‌گذاری می‌شود (ایرجی، ۱۳۹۶). باوجود این، در حال حاضر میلیون‌ها انسان از دسترسی به آب مناسب و شیرین محروم‌اند و خشک‌سالی، آلودگی منابع آب و کمبود آن، میلیون‌ها انسان را با مشکلات دشوار و خطر مرگ روبرو کرده است. کشور پهناور ایران با واقع شدن بر کمربند خشک جهان و قرار گرفتن در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و طول‌های ۴۴ تا ۶۳ درجه شرقی، به دلیل ویژگی‌های متنوع توپوگرافیکی، آب‌وهوای متفاوت در

محدود بودن منابع و ذخایر آب در جهان، از جمله در ایران (با متوسط باران سالانه کمتر از یک سوم متوسط باران سالانه جهان) که از مناطق خشک و نیمه‌خشک کره زمین محسوب می‌گردد و نیز رشد جمعیت، تغییرات آن و نیز گسترش صنایع و افزایش مصرف سرانه، استفاده صحیح از منابع آب موجود را ضروری کرده است (امینی فسخودی، ۱۳۹۴). از دیرباز انسان برای تأمین آب موردنیاز خود به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک تلاش می‌کرده است که نمونه ملموس آن را می‌توان در پهنه ایران با ابداع قنات‌ها و

*نویسنده مسئول: yahyamirshakaran@yahoo.com

۴۰ درصد از ۱۰۰ هزار هکتار زمین‌های کشاورزی شرق اصفهان، زیر کشت رفته است. در این میان، طبق مصوبه شورای هماهنگی زاینده‌رود، با توجه به اینکه ذخیره آب در سد زاینده‌رود به کمترین میزان طی ۵۰ سال اخیر رسیده است، امکان بازگشایی زاینده‌رود و توزیع آب کشاورزی در سال زراعی وجود نداشته است (مساعدی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱). موقعیت جغرافیایی ایران در کم‌آب‌ترین منطقه جهان، منجر به آسیب‌پذیری فراوان آن در برابر کم‌آبی می‌شود. کاهش میزان بارندگی سالیانه و افزایش میزان برداشت از منابع آبی و پایین بودن سطح بهره‌وری استفاده از آب مشکلات عدیده‌ای را در آینده نه‌چندان دور به همراه خواهد داشت. به‌موازات کمیاب‌تر شدن منابع آب، محیط‌زیست کشور بیشترین خسارت را متحمل می‌شود. کوچک‌تر شدن هرساله دریاچه‌ها و تالاب‌ها زنگ خطری برای این کم‌آبی روزافزون محسوب می‌شود. در صورتی که بحران آب مدیریت نشود، هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و محیط‌زیستی سنگینی در پی خواهد داشت. گسترش بحران آب، گسترش بحران زمین، جابجایی‌های جمعیتی و رشد پرشتاب منازعات و جنگ‌های محلی و منطقه‌ای را در آینده به ارمغان خواهد آورد. مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله اصفهان، بیش از سایر نواحی ایران با این مشکل مواجه است. میانگین بارندگی استان اصفهان کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در سال است که البته ۷۳ درصد استان دارای میانگین بارندگی ۸۰ میلی‌متر، ۱۲ درصد استان دارای بارندگی ۴۵۰-۱۲۰ میلی‌متر و تنها ۱۵ درصد استان دارای بارندگی ۹۰-۱۲۰ میلی‌متر می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۹). میزان تبخیر و تعرق این استان به‌تقریب ۲۲۴۰ میلی‌متر برآورد شده که این مقدار بسیار بالاتر از ریزش‌های جوی است؛ اما درعین حال با توجه به عواملی از نظر خاکشناسی نیز اغلب نواحی استان دارای خاک‌هایی با pH بالا و اکثراً قلیایی است و از نظر مواد آلی نیز فوق‌العاده فقیر می‌باشد. به همین دلیل قدرت نگهداری رطوبتی آن‌ها بسیار پایین است و کلاً از نظر فرسایشی و تأثیر بر اکوسیستم، شدیداً در معرض

مناطق مختلف، در اثر افت نزولات جوی، پهنه‌های وسیعی از آن بیش از بسیاری از مناطق دیگر جهان، در قلمرو آب‌وهوای خشک و در معرض خشک‌سالی قرار دارد (Madani et al., ۲۰۱۶: ۹۷۷). از جمله پهنه‌های مذکور، استان وسیع اصفهان در مرکز ایران است که خود با تنوع اقلیمی فراوانی تحت تأثیر گستردگی و تنوع توپوگرافیکی آن، از شهرستان‌های سرد و کوهستانی فریدن و فریدون‌شهر در غرب و سمیرم در جنوب غربی تا مناطق دشتی جلگه زاینده‌رود در مرکز شامل مجموعه شهری کلان اصفهان و پس از آن نواحی بیابانی در شرق و شمال شرق، شامل شهرستان‌های نایین و خور و بیابانک، اردستان و آران و بیدگل است و در مجموع جزء مناطق نسبتاً خشک ایران محسوب می‌شود (Moradi et al., ۲۰۱۷). در مرکز تا جنوب غربی استان و بر روی آبرفت‌های زاینده‌رود، شهرستان اصفهان در جلگه‌ای با زمین‌های رسی و آب‌وهوای نیمه بیابانی معتدل واقع شده است و با متوسط بارندگی حدود ۱۰۰ میلی‌متر، فصول چهارگانه آن کاملاً محسوس است. به تبعیت از کاهش ارتفاع و افزایش فاصله از غرب استان، میزان بارندگی در مناطق کاهش و از میانگین حدود ۱۲۰ میلی‌متر در غرب شهرستان به حدود ۸۰ میلی‌متر در شرق و جنوب شرقی آن کاهش می‌یابد. بدین ترتیب، اطمینان از دریافت حداقل بارش موردنیاز برای مصارف مختلف از قبیل تغذیه جریان‌های سطحی و سفره‌های آب زیرزمینی، شرب و مصارف کشاورزی در این منطقه بسیار اندک است (باغستانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۶۵). مناطق شرق اصفهان متشکل از شهرها و مناطقی از جمله زیار، جرقویه، ورزنه، اژیه، هرنه، برآن و خوراسگان ۳۰۰ هزار نفر جمعیت دارند که اغلب به کشاورزی اشتغال دارند، اما خشک‌سالی، آنان را به شدت در معرض مشکلات شغلی و معیشتی قرار داده است. سهم کلی حقایب کشاورزان شرق اصفهان از زاینده‌رود حدود ۴۰۰ میلیون مترمکعب است، اما این میزان در سال‌های اخیر اختصاص نیافته است و با وجود جریان یافتن زاینده‌رود در مقطعی از سال گذشته، تنها حدود

و هوایی، شکست سیاست و بحران آب در استرالیا» نتیجه گرفتند که تغییرات آب و هوایی دسترسی به آب در استرالیا را به شدت تحت تأثیر قرار داده و سیاست‌های اخیر به کاررفته در بخش آب هیچ‌کدام پایدار نیستند. براین اساس، پژوهش حاضر سعی دارد که میزان پیشگیری انتظامی از ناآرامی‌های محلی حاصل از تنش منابع آب، بر پایه تحلیل فضایی-جغرافیایی در شرق اصفهان را مورد بررسی قرار دهد.

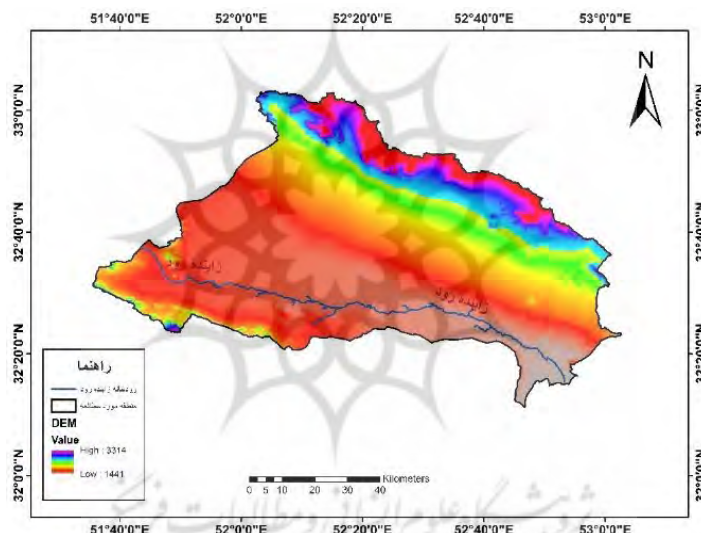
مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت توصیفی-تحلیلی بوده و نقش تمام ناآرامی‌های اتفاق افتاده در منطقه شرق اصفهان، مورد بررسی قرار گرفته است. نحوه گردآوری اطلاعات بدین صورت انجام گرفت که آمار، نقشه‌ها و تصاویر مورد نیاز از منابع مختلف از قبیل کتاب‌ها، پایان‌نامه‌ها و مقالات، طرح‌ها و پروژه‌های مرتبط با موضوع، سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف، به همراه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و داده‌های آماری شامل آمارهای مربوط به پارامترهای اقلیمی نظیر دما و بارش و تبخیر و تعرق و پارامترهای هیدرولوژیکی و پارامترهای مرتبط به آب‌های سطحی و زیرزمینی از آرشیو مؤسسات و اداراتی از قبیل سازمان آب منطقه‌ای، سازمان برنامه‌بودجه کشور، اداره کل هواشناسی کشور، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح جمع‌آوری و پس از به دست آوردن پارامترهای مورد نیاز به صورت جداول و نمودارها ارائه گردید. همچنین نظر کارشناسان امر نیز پس از بازدید میدانی منطقه از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه دخالت داده شد. منطقه مورد مطالعه در حوضه فلات مرکزی و زیر حوضه گاوخونی با مساحت ۶۴۲۲،۳۵ کیلومترمربع واقع شده است.

تهدید قرار دارد (مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۱). شدت این پدیده در مرکز، شرق و جنوب شرقی اصفهان بیشتر از دیگر نقاط این استان است. از جمله پیامدهای بحران آب می‌توان به بروز تنش‌های ناشی از تشدید رقابت بین متقاضیان آب، بروز مشکلات در تأمین امنیت غذایی، گسترش فقر و بیکاری، گسترش پیش‌داوری‌های قومی، تضادهای قومی، انواع بیماری‌ها به‌ویژه بیماری‌های صعب‌العلاج (شیوع انواع سرطان‌ها) در اثر آلودگی آب، تهدید سلامت شهروندان و به تبع آن افزایش هزینه‌های بهداشت و درمان نام برد (Surendran et al., ۲۰۱۷: ۳۵-۹۳). اعتراض کشاورزان این منطقه احتمالاً می‌تواند باعث برانگیخته شدن سایر کشاورزان مناطق دیگر استان با شرایط تقریباً مشابه گردد. طبق آمار مرکز عملیات یگان ویژه اصفهان، از سال ۱۳۹۱ تاکنون ۸۹ مرتبه مسئولین حفظ امنیت استان با اعتراض و تجمع کشاورزان شرق اصفهان بر سر مسئله آب روبه‌رو بوده‌اند (Ahmadi et al., ۲۰۱۰: ۱۲۵). در پژوهشی تحت عنوان بحران آب و توسعه سیاسی در ایران از ۱۳۷۶-۱۳۹۲ که توسط میر محمود فرجاد (۱۳۹۵) انجام شده، بیانگر این است که کمبود آب یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن حاضر بوده که می‌تواند سرمنشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گرفته و نقش کلیدی بخش آب در تأمین و انتقال نهاده اصلی بخش کشاورزی، صنعت و آب مورد نیاز شرب و بهداشت را در توسعه پایدار، امنیت غذایی و سلامت افراد متذکر شود. در پژوهشی دیگر با عنوان «بحران آب، حقوق آب و بازار آب» که توسط اندرسون و دیگران (۲۰۱۳) انجام گرفته نشان داده که باینکه پوشش دوسوم از سیاره‌ی زمین آب است ولی کمبود آن منجر به درگیری و تنش شده و علت این درگیری‌ها اختلاف بین عرضه و تقاضای آب است. همچنین مرسر و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان «تغییرات آب



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه



شکل ۲: موقعیت رودخانه زاینده رود در منطقه

فضایی و داده‌های ناآرامی‌های منطقه در نرم‌افزار انجام گرفت.

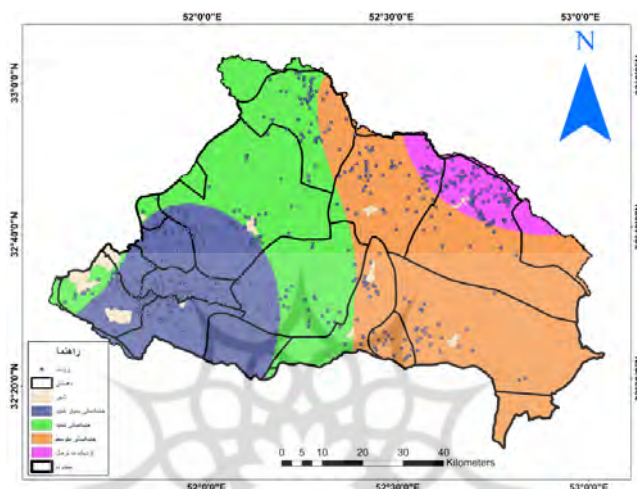
یافته‌ها

تحقیق حاصل باهدف شناسایی مناطق مستعد بحران در سال‌های آتی تحت شاخص‌های متفاوت به لحاظ کمبود بارش، خشک‌سالی رودخانه، خشک‌سالی آب زیرزمینی و مشاهده موقعیت شهرها و روستاهای منطقه در محدوده شرق اصفهان بررسی شد که به تفکیک در ذیل به نتایج حاصل از آن پرداخته شده است:

در ضمن از نرم‌افزار DrinC می‌توان برای مدل‌سازی مناسب جهت محاسبه شاخص‌هایی که با در نظر گرفتن تمام عوامل از طریق روابط انعطاف‌پذیر، خروجی ساده و قابل فهم ای را ارائه می‌دهند، جهت تجزیه و تحلیل شدت خشک‌سالی و همچنین پیش‌بینی روند خشک‌سالی استفاده نمود (Mosalanejad et al., ۲۰۰۸: ۱۳۹). علاوه براین به‌منظور بررسی اعتبارسنجی مناطق بحران‌زده در زمینه آب از نرم‌افزار ARC GIS ۱۰٫۴ استفاده شده و تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز بر اساس مقایسه نقشه‌های

موجود بودن منابع آبی متفاوت را منعکس می‌کند. شرایط رطوبتی خاک دو برابر ناهنجاری‌های بارش در یک مقیاس به نسبت کوتاه واکنش نشان می‌دهند در حالی که آب‌های زیرزمینی، جریان رودخانه و منابع ذخیره در یک دوره طولانی‌تر به ناهنجاری‌های بارش واکنش می‌دهند (Ziaei, ۲۰۱۴: ۲۳۰). در این تحقیق از آمار ماهانه ۱۵ ایستگاه موجود در منطقه استفاده شده است.

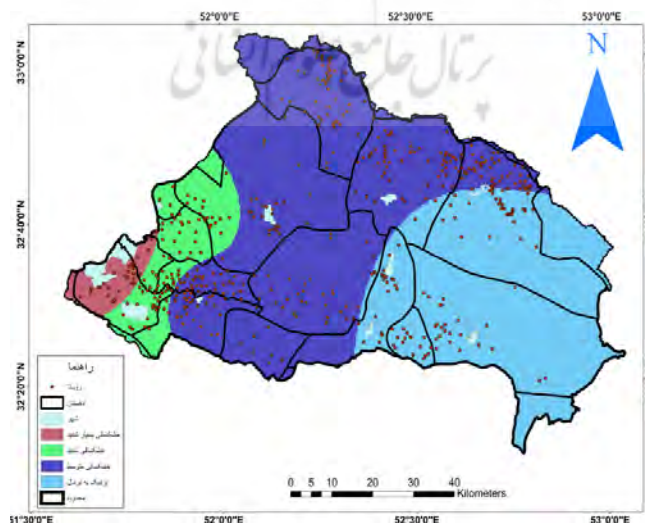
تعیین شرایط موجود از لحاظ بارندگی (شاخص خشک‌سالی (SPI): شاخص بارش استاندارد شده بر پایه این حقیقت که کسری بارش تأثیرات متفاوتی بر آب‌های زیرزمینی، ذخیره منابع، رطوبت خاک، پوشش برف و جریان جویبار دارد استوار است. شاخص بارش استاندارد شده کسری بارش را برای مقیاس‌های زمانی چندگانه (۳، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ ماهه) محاسبه می‌کند. این مقیاس‌های زمانی تأثیر خشک‌سالی را بر



شکل ۳: نقشه شاخص خشک‌سالی SPI در سال ۹۶

کشاورزی و معیشت مردم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شکل (۳) مشخص می‌کند که مساحت محدوده بحرانی (خشک‌سالی شدید و خیلی شدید) در سال ۹۱ کمترین.

براساس شکل (۳) ۰.۷ / ۵۰۳۴ کیلومترمربع از سطح منطقه در محدوده بحرانی قرار دارد (حدود ۷۹ درصد) که شامل شهرها و روستاهای زیادی هم می‌باشد. بحران شدید منابع آب در این مناطق،



شکل ۴: نقشه شاخص خشک‌سالی SPI در سال ۹۱

شکل (۴) نشان می‌دهد در سال ۹۶ بیشترین مقدار می‌باشد که نشانه درگیر شدن مناطق بیشتری از منطقه با بحران آب و به تبع آن احتمالاً تعداد ناآرامی‌ها نیز بیشتر می‌گردد.

جدول ۱: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۶

| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|--------|--------|-----------|
| مساحت (KM ^۲) | ۳۵۲/۴ | ۱۰۳۶/۷ | ۳۲۴۲/۸ | ۱۷۹۱/۲۷ |

جدول ۲: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۵

| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|--------|--------|-----------|
| مساحت (KM ^۲) | ۶۳۹/۴ | ۱۳۴۶/۳ | ۲۵۲۴/۳ | ۱۹۱۳/۲ |

جدول ۳: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۴

| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|--------|--------|-----------|
| مساحت (KM ^۲) | ۳۷۱/۵۳ | ۲۷۰۸/۹ | ۱۹۷۵/۳ | ۱۳۶۷/۴ |

جدول ۴: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۳

| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|--------|--------|-----------|
| مساحت (KM ^۲) | ۹۰۵/۰۸ | ۲۲۲۸/۲ | ۱۴۱۸/۲ | ۱۸۷۱/۷ |

جدول ۵: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۲

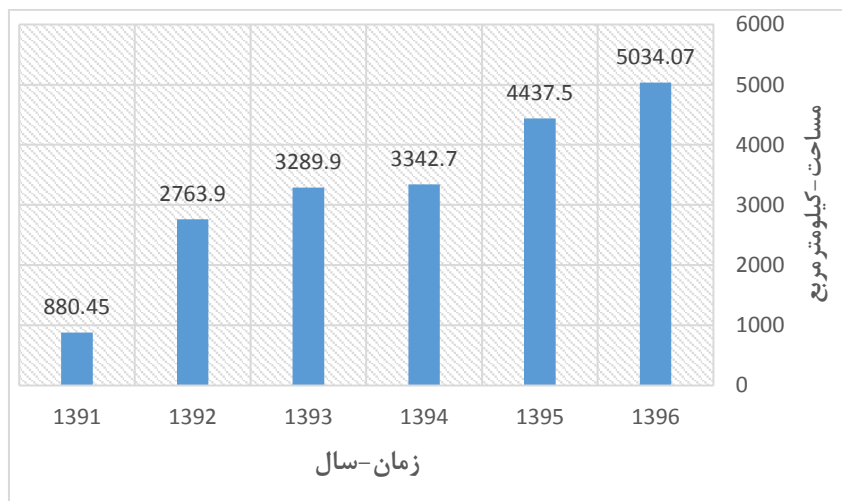
| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|-------|--------|-----------|
| مساحت (KM ^۲) | ۲۶۷۷/۰۱ | ۹۸۲/۱ | ۱۲۵۹/۶ | ۱۵۰۴/۳ |

جدول ۶: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۱

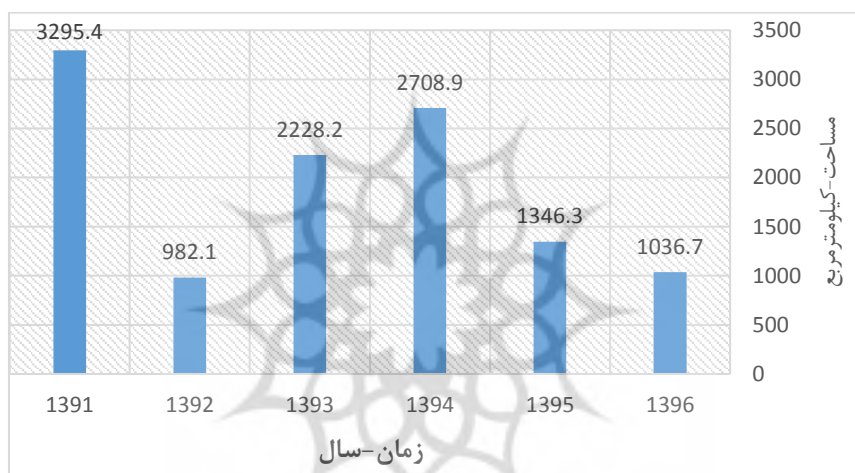
| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|--------|--------|-----------|
| مساحت (KM ^۲) | ۲۲۸۴/۹ | ۳۲۹۵/۴ | ۶۶۳/۱۲ | ۲۱۷/۳۳ |

مناطق بحرانی وجود دارد، مناطقی بسیار حساس و مهم هستند چون می‌توان از بدتر شدن اوضاع آن‌ها جلوگیری کرد اما طبق اشکال حداقل بخشی از این مناطق به مناطق بحران تبدیل شده‌اند چون مساحت این مناطق در سال ۹۱، ۳۲۵۹/۴ کیلومتر مربع بوده و در سال ۹۶ به ۱۰۳۶/۷ کیلومتر مربع رسیده‌اند یعنی وضعیت مصرف و بارش سالیانه ما در این بازه درست نبوده که سطح بیشتری از مناطق را خشک کرده‌ایم.

از مقایسه شکل‌های (۳) و (۴) و جداول (۱) و (۲) می‌توان دریافت که در سال ۹۱ حدود ۱۴ درصد منطقه در وضعیت بحران خشک‌سالی قرار دارد که قاعده به علت مساحت کم این مناطق تعداد شهرها و روستاهای کمی را در برمی‌گیرد این عدد در سال ۹۶ به حدود ۷۹ درصد مساحت کل منطقه رسیده است که تعداد شهرها و روستاهای درگیر نیز قاعدتاً خیلی بیشتر از سال ۹۱ می‌باشد. مناطق مستعد بحران (خشک‌سالی متوسط) که امکان تبدیل شدن آن‌ها به



شکل ۵: مساحت محدوده‌های بحرانی



شکل ۶: مناطق در معرض خطر

جریان‌ات رودخانه‌ای (V_{ik}) برای دوره مبنای (K) (Mendicino et al., ۲۰۰۸: ۲۸۲) می‌باشد. رابطه (۱)

$$SDI_{ik} = \frac{V_{ik} - V_k}{S_k} \quad i = 1, 2, \dots, k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

در این روش با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری، مقدار شاخص SDI ماهانه رو محاسبه شده و با استفاده از نرم‌افزار $DrinC$ مقدار شاخص موردنظر ماهانه رو به دست آمد. سپس با استفاده از توابع درونیابی در نرم‌افزار $ARC GIS$ مقدار برای کل محدوده ترسیم شده است.

ضتعیین شرایط موجود از لحاظ آب‌های سطحی (شاخص خشک‌سالی SDI): این شاخص که به شاخص خشک‌سالی جریان رودخانه‌ای معروف است توسط نالبانتیس و همکاران (۲۰۰۸) ارائه شد و سپس در سال (۲۰۱۴) برای مشخص کردن خشک‌سالی هیدرولوژیکی توسعه داده شد. در این روش فرض می‌شود که سری‌های زمانی حجم جریان‌های رودخانه‌ای ماهانه توسط Q_i موجود می‌باشد که در آن اندیس i سال هیدرولوژیکی و اندیس j ماه مربوط به سال هیدرولوژیک می‌باشد. S_k و V_k به ترتیب میانگین مجموع حجم دبی و انحراف معیار حجم جریان‌ات تجمعی برای دوره مبنای K . حجم تجمعی

جدول ۷: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۶

| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|---------|--------|-----------|
| مساحت (Km ^۲) | ۱۴۲۶/۴۴ | ۱۲۵۵/۳۸ | ۹۷۷/۰۹ | ۲۶۷۳/۳ |

جدول ۹: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۵

| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|--------|--------|-----------|
| مساحت (Km ^۲) | ۲۶۷۷/۰۱ | ۹۸۲/۱۸ | ۱۲۵۹/۶ | ۱۵۰۴/۲۷ |

جدول ۹: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۴

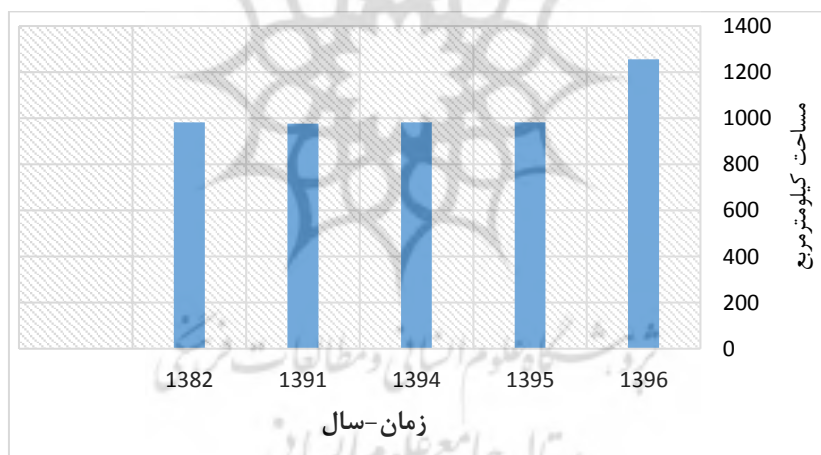
| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|-------|--------|-----------|
| مساحت (Km ^۲) | ۲۶۷۷/۰۱ | ۹۸۲/۱ | ۱۲۵۹/۶ | ۱۵۰۴/۳ |

جدول ۱۰: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۹۱

| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|--------|---------|-----------|
| مساحت (Km ^۲) | ۲۶۰۶/۳۲ | ۹۷۶/۹۵ | ۱۲۵۵/۰۸ | ۱۵۰۰/۴ |

جدول ۱۱: مساحت هر یک از قسمت‌های منطقه سال ۸۲

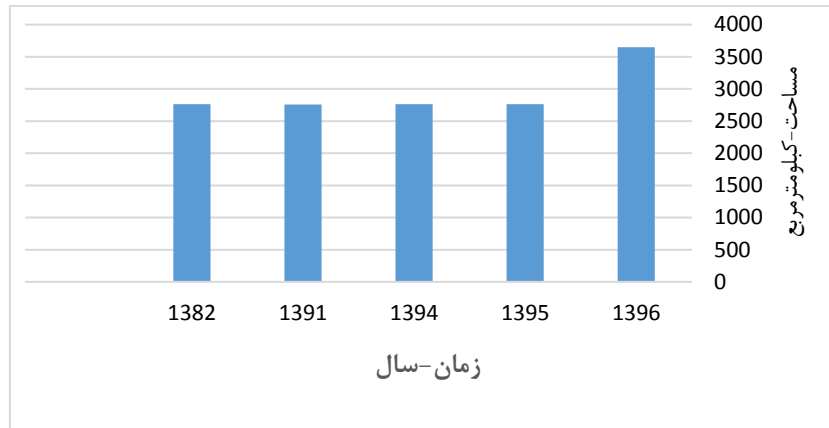
| شدت خشک‌سالی | نزدیک به نرمال | متوسط | شدید | خیلی شدید |
|--------------------------|----------------|-------|--------|-----------|
| مساحت (Km ^۲) | ۲۶۷۷/۰۱ | ۹۸۲/۲ | ۱۲۵۹/۹ | ۱۵۰۴/۳ |



شکل ۷: مساحت محدوده‌های بحرانی

نسبت سال ۹۵ افزایش پیدا کرده است که این می‌تواند ناشی از آورد کم رودخانه در سال ۹۶ و یا برداشت بیش از حد از آن در بالادست باشد.

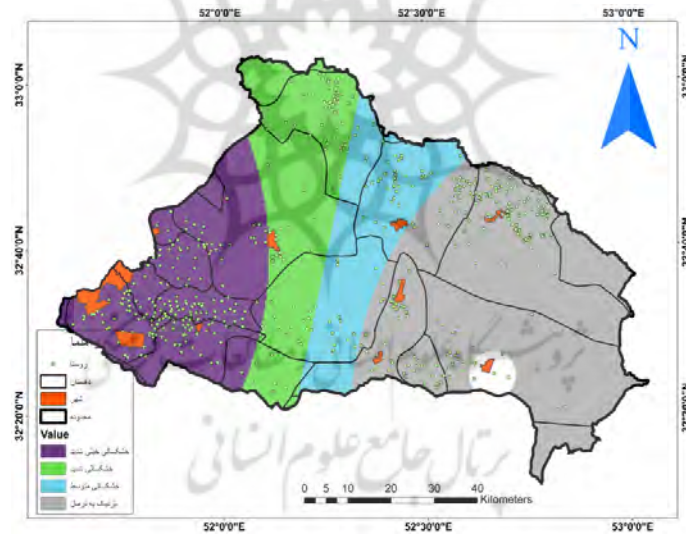
شکل (۷) نشان می‌دهد که روند محدوده‌های بحرانی (خشک‌سالی‌های شدید و خیلی شدید) تقریباً ثابت بوده و در سال ۹۶ به یک‌باره حدود ۲۵ درصد به



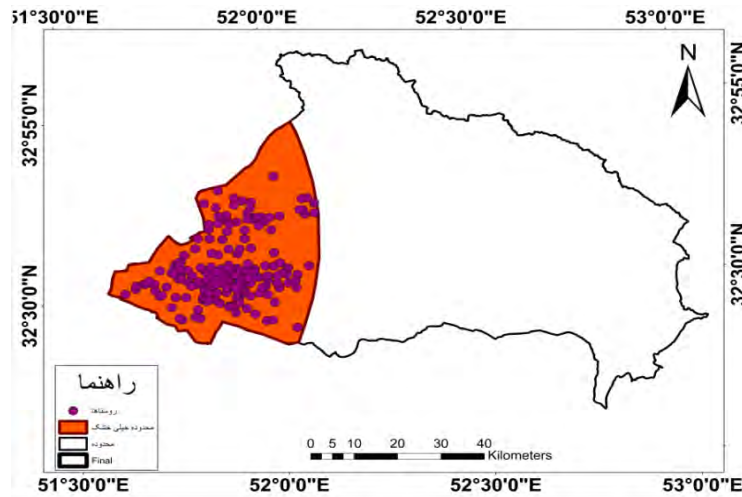
شکل ۸: مناطق در معرض خطر

محدوده خشک‌سالی شدید قرار دارند و تعداد روستاهای زیادی نیز در این منطقه واقع شده است. در سال‌های ۹۱ و ۹۴ سه شهر اصفهان، بهارستان و قهجاورستان در این محدوده خشک واقع شده‌اند؛ اما تعداد روستاها در ۹۴ بیشتر از سال ۹۱ است.

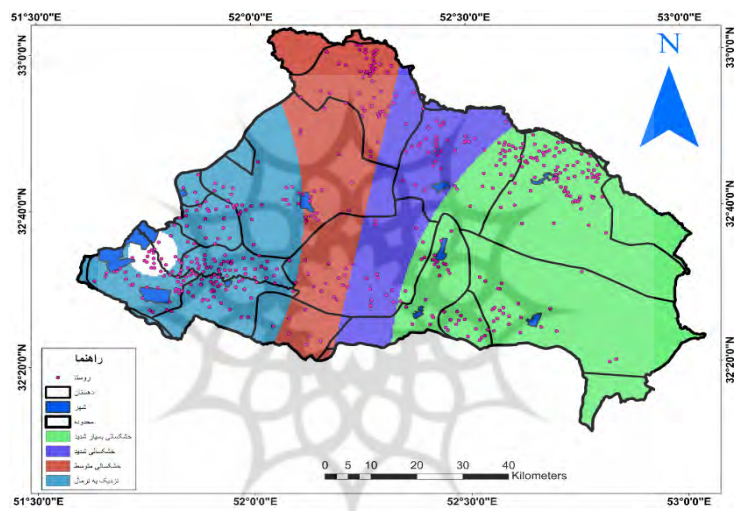
شکل (۸) نشان می‌دهد که از سال ۸۲ تا ۹۵ روند مساحت مناطق مستعد تقریباً ثابت بوده ولی در سال ۹۶ این مقدار رشدی حدود ۲۸ درصدی داشته که نشان از بدتر شدن اوضاع در سال ۹۶ دارد که با آمار و مساحت مناطق درگیر در تجمعات هم همخوانی دارد. در سال ۹۶ چهار شهر ورزنه، اژییه، هرنند و تودشک در



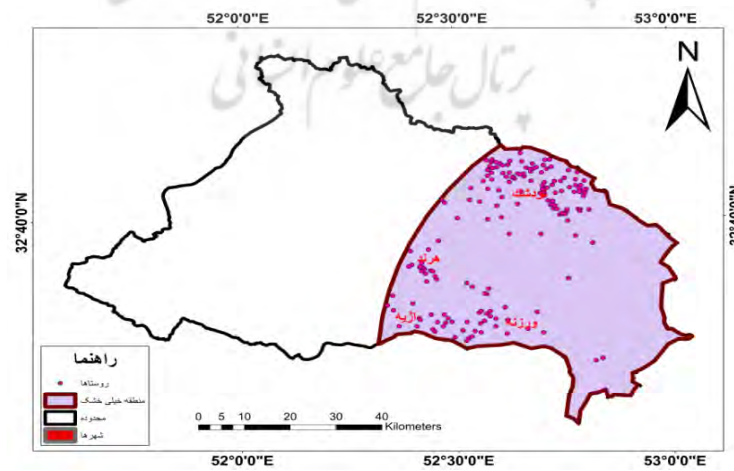
شکل ۹: نقشه شاخص خشک‌سالی SDI در سال ۹۱



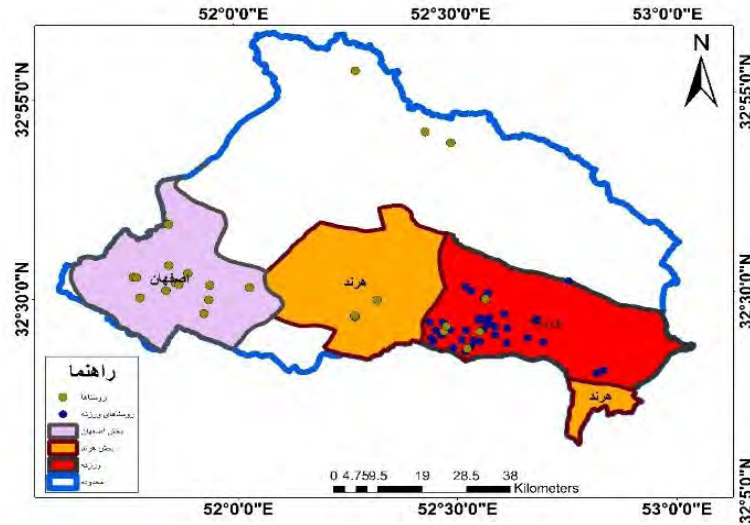
شکل ۱۰: نقشه مناطق در خشکسالی شدید در سال ۹۱



شکل ۱۱: نقشه شاخص خشکسالی SDI در سال ۹۶



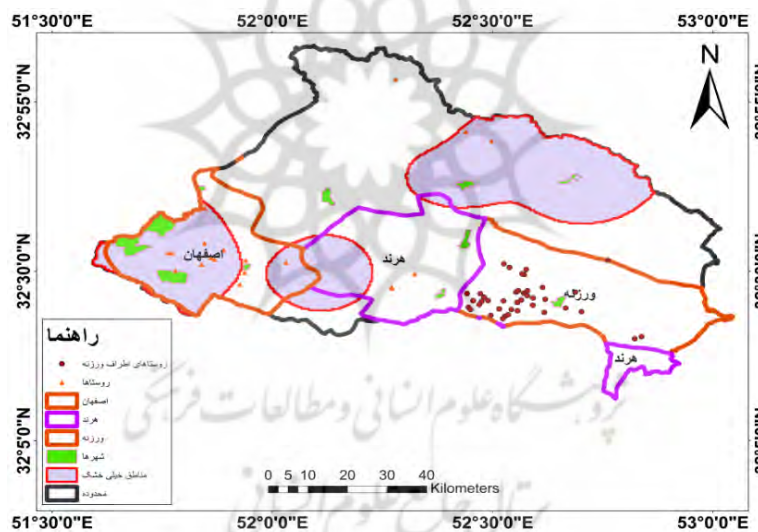
شکل ۱۲: نقشه مناطق در خشکسالی شدید در سال ۹۶



شکل ۱۳: نقشه تجمعات سال ۱۳۹۱

تجمعات نیز به وضوح مشخص می‌باشد که پراکندگی روستاها در شهر ورزنه بیشتر می‌باشد.

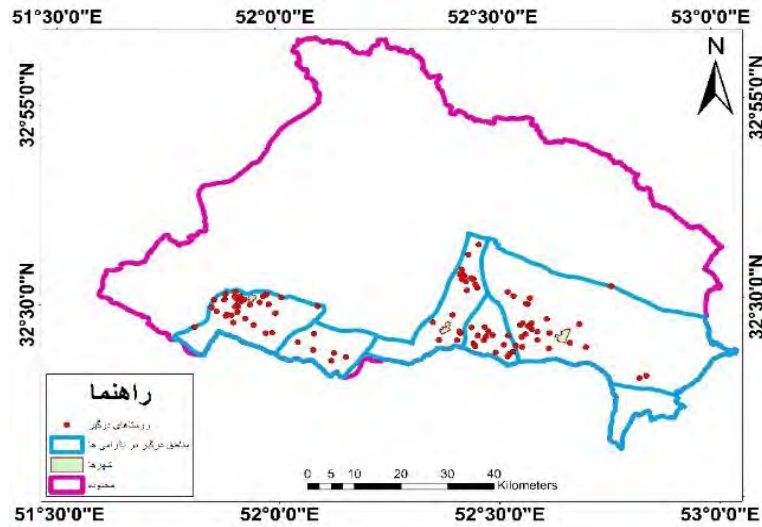
شکل (۱۳) نقشه داده‌های تجمعات شکل گرفته ناشی از بحران آب در سال ۹۱ را نشان می‌دهد که موقعیت شهرها و روستاهای شرکت کننده در این



شکل ۱۴: نقشه تطبیقی سال (SPI) ۱۳۹۱

بیشترین روستاهای درگیر در ناآرامی‌ها مربوط شهر ورزنه بوده و از میان ۶۵ روستای درگیر در ناآرامی‌ها تعداد ۹ روستا به‌طور کامل در محدوده خشکسالی شدید واقع شده که شامل: فارفان، سهران، جوزدان، زیار، شریف‌آباد، فیض‌آباد، جار، کیجوان و برسیان می‌باشد.

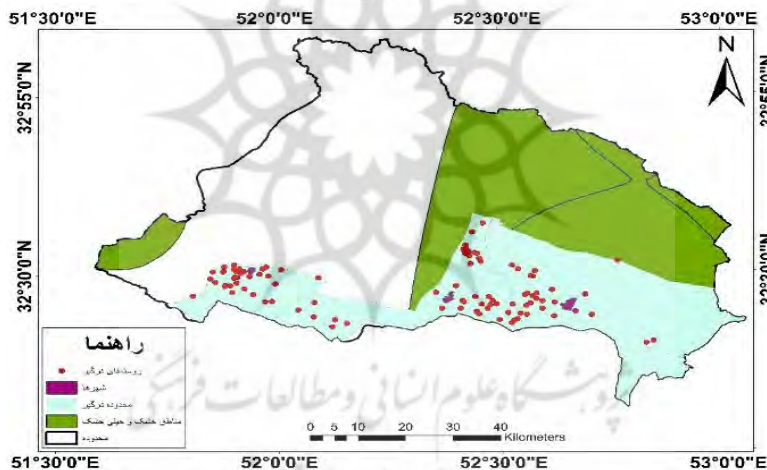
شکل (۱۴) نیز تطبیق نقشه تجمعات شکل گرفته در سال ۹۱ با مناطق با سطح تنش خیلی شدید را نشان می‌دهد. تطبیق نقشه شاخص خشک‌سالی SPI مناطق بحران خشک‌سالی در سال ۹۱ با آمار تجمعات و ناآرامی‌ها، با توجه به اشکال (۱۱ و ۱۲) که شامل بخش‌های ورزنه، هرنند و اصفهان است نشان داد که



شکل ۱۵: نقشه تجمعات ۱۳۹۶

موقعیت شهرها و روستاهای شرکت کننده در این تجمعات نیز به وضوح مشخص می باشد.

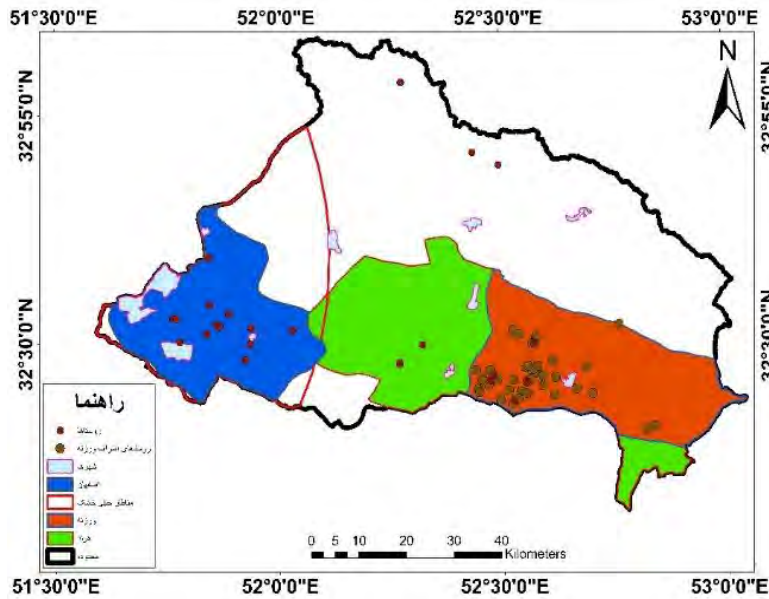
شکل (۱۵) نقشه داده‌های تجمعات شکل گرفته ناشی از بحران آب در سال ۹۶ را نشان می‌دهد که



شکل ۱۶: نقشه تطبیقی ۱۳۹۶ (SPI)

وضعیت کنترل سخت تر می شود چون وابستگی درآمدی روستاهای مذکور به آب خیلی زیاد، پس تعداد ناآرامی‌ها و افراد شرکت کننده در آن‌ها افزایش پیدا می کند و برخورد کردن با آن‌ها هم سخت می شود.

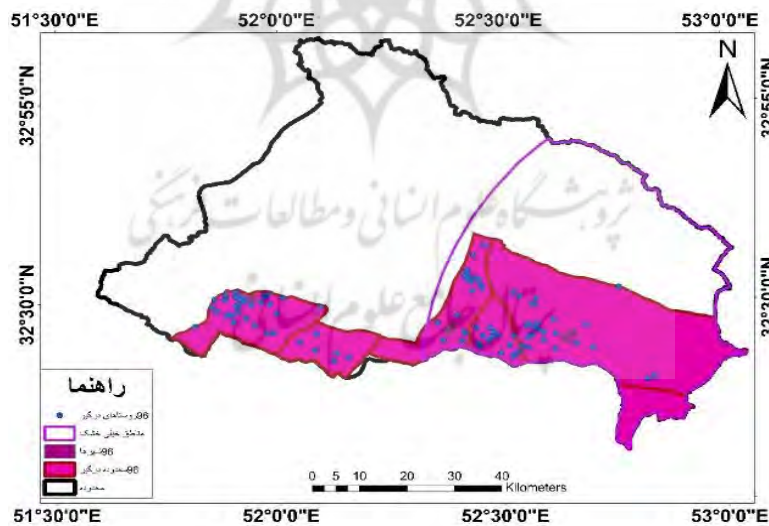
همچنین تطبیق نقشه شاخص خشک سالی SPI مناطق بحران خشک سالی در سال ۹۶ با آمار تجمعات و ناآرامی‌ها، با توجه به شکل (۱۶) نشان داد که در مقایسه با تعداد روستاهای درگیر در سال ۹۱ رشد وجود داشته و در سال ۹۶، ۹۹ روستای درگیری در ناآرامی وجود دارد؛ یعنی به طور قطع با این شرایط



شکل ۱۷: نقشه تطبیقی مناطق بحرانی با تجمعات (SDI) ۱۳۹۱

در برمی گیرد (۲۰ درصد) در حالی که در همین سال و از ۱۰ شهر درگیر ناآرامی (شامل: ورزنه، اژیسه، بهارستان، هرنند، قهجاورستان، اصفهان و زیار)، ۴ شهر در محدوده خشک‌سالی خیلی شدید قرار گرفته است.

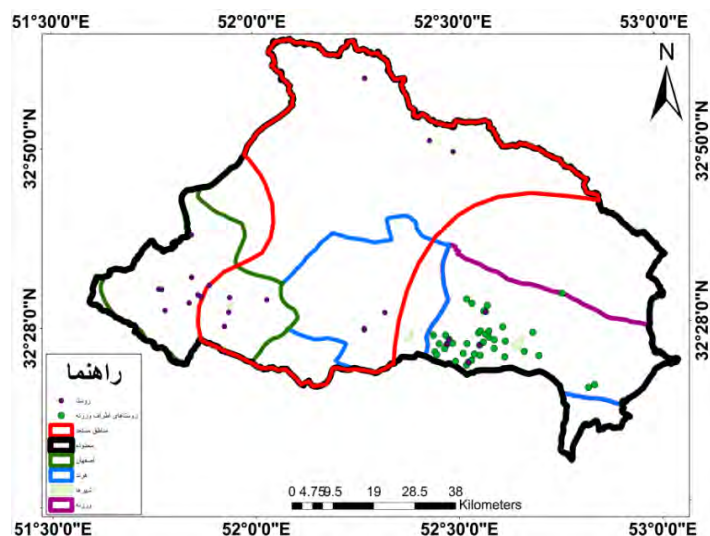
تطبیق نقشه شاخص خشک‌سالی SDI مناطق بحران خشک‌سالی در سال ۹۱ با آمار تجمعات و ناآرامی‌ها، با توجه به شکل (۹) نشان داد در سال ۱۳۹۱ خشک‌سالی خیلی شدید هیدرومتری (شاخص SDI) روستا از کل ۶۵ روستای درگیر در ناآرامی‌ها را



شکل ۱۸: نقشه تطبیقی مناطق بحرانی با تجمعات (SDI) ۱۳۹۶

کامل در مناطق خیلی خشک واقع شده و حدود ۶۶ درصد در معرض خشک‌سالی شدید قرار دارند و این نتیجه با توجه به تعداد دفعات و حجم افراد شرکت‌کننده در تجمعات کاملاً قابل توجیه است.

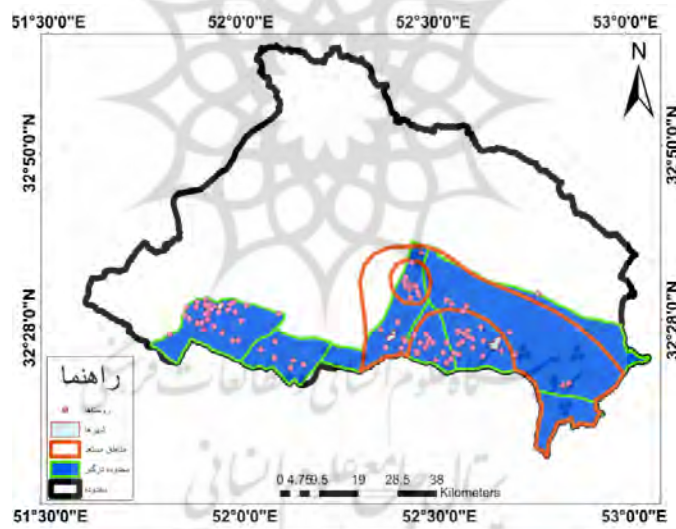
همچنین تطبیق نقشه شاخص خشک‌سالی SDI مناطق بحران خشک‌سالی در سال ۹۶ با آمار تجمعات و ناآرامی‌ها، با توجه به شکل (۱۸) نشان داد که از ۹۹ روستای درگیر در محدوده ناآرامی‌ها، ۶۵ روستا به‌طور



شکل ۱۹: نقشه تطبیقی مناطق مستعد با تجمعات سال (SPI) ۹۱

همان‌طور که از شکل (۱۹) معلوم است از کل مساحت منطقه مستعد ما (۳۲۵۹/۴ کیلومترمربع) مقدار ۹۳۴/۸۷ کیلومترمربع در اصفهان و ۱۰۱۷/۳۸ کیلومترمربع در همدان قرار دارد. یعنی در سال ۹۱ در کل ۱۹۵۲/۲۵ کیلومترمربع از کل مساحت منطقه در محدوده تجمعات قرار گرفته است (حدود ۶۰ درصد).

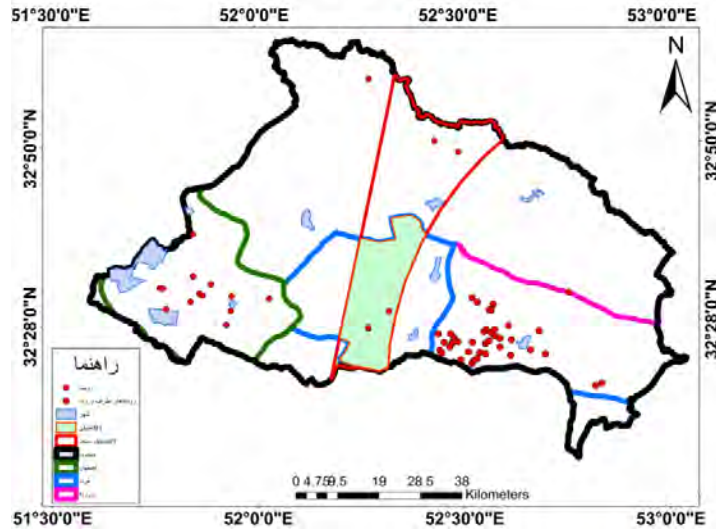
همان‌طور که از شکل (۱۹) معلوم است از کل مساحت منطقه مستعد ما (۳۲۵۹/۴ کیلومترمربع) مقدار ۹۳۴/۸۷ کیلومترمربع در اصفهان و ۱۰۱۷/۳۸ کیلومترمربع در همدان قرار گرفته است (حدود ۶۰ درصد).



شکل ۲۰: نقشه تطبیقی مناطق مستعد با تجمعات (SPI) سال ۹۶

افزایشی ۲۷ درصد داشته است این هم به‌نوبه خود مشکلات را افزایش می‌دهد چون ما عملاً ۲۷ درصد از مناطق مستعد رو به مناطق درگیر در تجمعات اضافه کرده‌ایم. در سال ۱۳۹۱ تعداد ۸ روستا و یک شهر از مناطق مستعد در محدوده تجمعات قرار گرفته‌اند. اما در سال ۹۶ تعداد ۱۴ روستا و ۲ شهر از مناطق مستعد در محدوده تجمعات قرار گرفته‌اند.

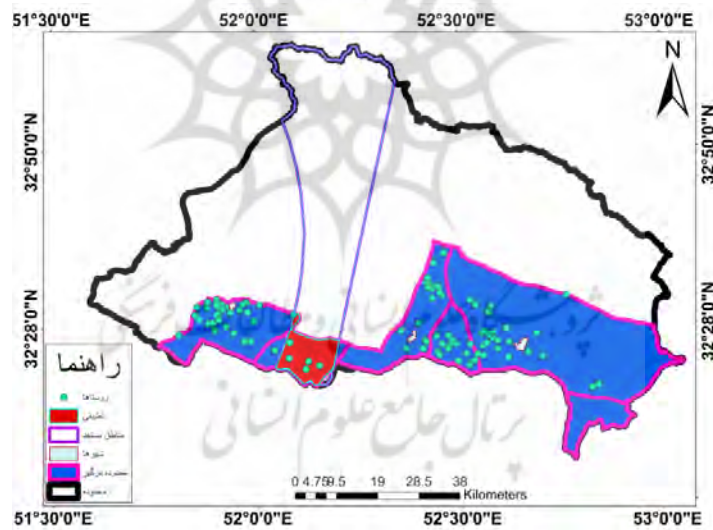
در سال ۹۶ مقدار مساحت منطقه مستعد در محدوده تجمعات ۸۹۷/۷۱ کیلومترمربع شده است (حدود ۸۷ درصد). پس می‌توان نتیجه گرفت که در طی سال‌های ۹۱ تا ۹۶، هم بهره‌برداری از منابع آب منطقه باعث کاهش مناطق مستعد و اضافه شدن آن به مناطق بحرانی گردیده است و این خود مشکلات امنیتی منطقه را افزایش می‌دهد و همچنین به علت اینکه مناطق درگیر در تجمعات ما (از مناطق مستعد)



شکل ۲۱: نقشه مناطق مستعد در محدوده تجمعات (SDI) سال ۹۱

این سال تنها دو روستا از روستاهای موجود در مناطق مستعد در محدوده تجمعات قرار دارند درحالی‌که در سال ۹۶، ۵ روستا در محدوده تجمعات قرار دارند.

کل مساحت مناطق مستعد در سال ۹۱ تحت شاخص SDI، ۹۷۶/۹۵ کیلومترمربع می‌باشد. که از این مقدار ۳۸۰/۱۴ کیلومترمربع آن در سال ۹۱ در محدوده درگیرها قرار قرار داد (حدود ۳۸ درصد). در



شکل ۲۲: نقشه مناطق مستعد در محدوده تجمعات (SDI) سال ۹۶

۹۶ در این محدوده باقی‌مانده‌اند و بقیه به مناطق بحرانی تغییر وضعیت داده‌اند.

کل مساحت منطقه مستعد ما در این سال تحت شاخص SDI، ۱۲۵۴/۸۹ کیلومترمربع می‌باشد که از این مقدار ۱۱۹/۶۹ کیلومترمربع آن در محدوده درگیرهای سال ۹۶ واقع شده است (حدود ۱۰ درصد). این حالت هم به‌وضوح نشان می‌دهد که از ۳۸ درصد کل مناطق مستعد در سال ۹۱ تنها ۱۰ درصد در سال

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر تحلیل نقشه‌های خشک‌سالی با نقشه تجمعات بر اساس شاخص خشک‌سالی SPI

نشان داد که روند تغییر مساحت مناطق بحرانی (خشک‌سالی‌های شدید و خیلی شدید) کاملاً صعودی است به طوری که در سال ۹۱ کمترین مساحت و در سال ۹۶ بیشترین مساحت می‌باشد. همچنین شاخص خشک‌سالی SPI بیانگر این است که در سال ۹۱ حدود ۱۴ درصد منطقه بحرانی و در سال ۹۶ حدود ۷۹ درصد، این افزایش به طور حتم باعث بحرانی‌تر شدن بسیاری از شهرها و روستاها شده و قطعاً مشکلات بیشتر می‌شود. این وضعیت کاملاً با تعداد افراد شرکت‌کننده در تجمعات تطابق دارد به طوری که در سال ۹۱ اکثراً تجمعات با حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ نفر اتفاق افتاده به جز یک مورد که ۱۰۰۰ نفر شرکت کرده‌اند در حالی که در سال ۹۶ تعداد تجمعات اکثراً با ۱۰۰۰ نفر بوده و حتی در یک مورد در اسفند ۹۶ حدود ۵۰۰۰ نفر حضور پیدا کرده و روند تبدیل مناطق مستعد (خشک‌سالی متوسط) به مناطق بحرانی بین سال‌های ۹۱ تا ۹۶ هم افزایشی است. به طوری این مساحت در سال ۹۱، از ۳۲۵۹/۴ به ۱۰۳۶/۷ کیلومتر مربع رسیده است. روند مناطق بحرانی بر اساس شاخص SDI از سال ۸۲ تا ۹۵ تقریباً ثابت بوده ولی در سال ۹۶ با افزایش ۲۵ درصدی همراه بوده است. روند مناطق مستعد هم بر اساس همین شاخص تقریباً وضعیتی مشابه مناطق بحرانی را داشته و فقط در سال ۹۶ با افزایش ۲۸ درصدی همراه بوده است که نشان می‌دهد تقریباً همه این افزایش به مناطق بحرانی تبدیل شده‌اند.

از تهیه نقشه تجمعات سال‌های ۹۱ و ۹۶ این نتیجه برداشت می‌شود که با وجود این که مساحت کل منطقه درگیر کاهش داشته است اما تعداد شهرها و روستاهای درگیر به شدت افزایش پیدا کرده است به طوری که در ۹۱، ۶۵ روستا و ۴ شهر درگیر در محدوده ناآرامی‌ها موجود است، در حالی که در سال ۹۶، ۹۹ روستا و ۹ شهر درگیر وجود دارد که این خود یکی دیگر از دلایل افزایش تعداد دفعات ناآرامی‌ها با تعداد نفرات بیشتر است. تطبیق نقشه تجمعات با

پیشنهاد‌های پژوهش

با توجه به تأیید پیشگیری انتظامی از ناآرامی‌های محلی حاصل از تنش منابع آب بر پایه تحلیل فضایی-جغرافیایی و اهمیت آن توصیه‌ها و پیشنهاد‌های زیر ارائه می‌گردد:

۱. توجه ویژه‌تر به مناطق مستعد درگیری در سال‌های آینده با توجه به تهیه نقشه‌ها.
۲. تغییر سیستم مدیریت آب، از حالت مدیریت بحران و واکنشی به حالت مدیریت پیشگیری و فعال.
۳. پیشنهاد پلیس به مراجع مربوطه در رابطه به تصویب قوانین جدید در خصوص هدر دادن آب به عنوان جرم و پیگرد قضایی، بخصوص در مناطق بحرانی.
۴. در اختیار گذاشتن نتایج تحقیقات پلیس در حوزه بحران آب به سازمان‌های مربوطه.
۵. آموزش ویژه پلیس به برخی از نیروهای خود، در برخورد با کشاورزانی که در مناطق بحرانی تجمع می‌کنند جهت جلوگیری از تشنج.
۶. انجام چنین مطالعه‌هایی، در سایر مناطق کشور که درگیر بحران آب هستند.
۷. بررسی تأثیر بحران آب بر اقتصاد و امنیت مناطق درگیر.
۸. بررسی شغل‌های جایگزین در مناطق بحرانی بجای کشاورزی و زراعت.

منابع

۱. امینی فسخودی، عباس. ۱۳۹۴. مدل‌سازی مدیریت منابع آب و خاک و تعیین الگوی بهره‌برداری بهینه در اراضی زراعی ناحیه شرق اصفهان (جلگه برای آن) با استفاده از رویکرد چندمعیاره برنامه‌ریزی آرمانی (رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی)، دانشگاه اصفهان.
۲. ایرجی، فرهاد. ۱۳۹۶. ارزیابی پتانسیل‌های گردشگری طبیعی مناطق حفاظت‌شده استان اصفهان و مکان‌یابی محل‌های مناسب تفرج در یکی از این مناطق. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. باغستانی، علی‌اکبر. مهرابی بشرآبادی، حسین. زارع مهرجردی، محمدرضا. شرافتمند، حبیبه. ۱۳۹۵. کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع آب ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۶، ۲۸-۳۹.
۴. مساعدی، ابوالفضل. مرعشی، مهدیه. کواکبی، غزاله. ۱۳۹۳. بررسی مقایسه‌ی خشک‌سالی در مناطق پرباران و کم باران (مطالعه موردی: استان گلستان)، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۱، صفحات ۲۹۰-۲۷۷.
۵. کرمی، تاج‌الدین. بهرمان، محمد. ۱۳۹۶. آینده‌پژوهی بحران آب و چالش‌های امنیتی آن (مورد مطالعه: شهرستان رفسنجان). فصلنامه علمی-تخصصی دانش انتظامی، شماره ۲۱: ۸۰-۴۹.
۶. Surendran, U., Kumar, V., Ramasubramoniam, S. and Raja, P. ۲۰۱۷. "Development of drought indices drought indices for semi-arid region using drought indices calculator (DrinC)—a case study from Madurai District, a semi-arid District, a semi-arid region in India" *Water Resources Management*, ۳۱(۱۱): ۳۵۹۳-۳۶۰۵.
۷. Ahmadi, H., Nazari Samani, A. and Malekian, A. ۲۰۱۰. "The Qanat: A Living History in Iran" In Schneier-Madanes, G. and Courel, M.F. ۲۰۱۰. *Water and Sustainability in Arid Regions (Bridging the Gap between Physical and Social Sciences)*. Springer. ۱۲۵-۱۳۸.
۸. Mosalanejad, A. ۲۰۰۸. "Examining Different Aspects of Environmental Security with the Approach of Critical School." *The Journal of Environmental Magazine*, ۳۴(۴۶): ۱۳۹-۱۴۸.
۹. Madani, K., Aghakouchak, A. and Mirchi, A. ۲۰۱۶. "Iran's Socio-economic Drought: Challenges of a Water-Bankrupt Nation", *Iranian Studies*, ۴۹(۶): ۹۷۷-۱۰۱۶.
۱۰. Ziaei, L. ۲۰۱۴. "Review of the Petition Attributed to Sheikh Baha'i and Zayande Rood RightS." *The Journal of Technical-Professional Journal of Iranian Organization for Engineering Order of Building (Isfahan Province)*, ۲۳(۳): ۲۳۰-۲۳۲.
۱۱. Mendicino, G., Senatore A. and Versace, P. ۲۰۰۸. A groundwater resource index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate, *Journal of Hydrology*, ۳۵۷(۳-۴): ۲۸۲-۳۰۲.
۱۲. Moradi, H., Sepahvand A. and Khazayi, M. ۲۰۱۷. Assessment of meteorological and hydrological drought by using the modified SPI index and SDI (Case study: watershed Khorramabad). Fifth National Conference on Science and Engineering Iranian Watershed. ۱۱۷.