جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱٤۰٤، دوره۸، شماره۲، صص٦٤-٤۸

بررسی خشکسالی‌های شدید و فراگیر حوضه‌های آبریز ایران در ۳۰ سال اخیر

سید محمد حسینی

دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه سید جمال‌الدین اسدآبادی، اسدآباد، ایران.

h.climate@sjau.ac.ir

تاریخ دریافت:۱٤۰۳/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۱۲/۱۰

چکیده

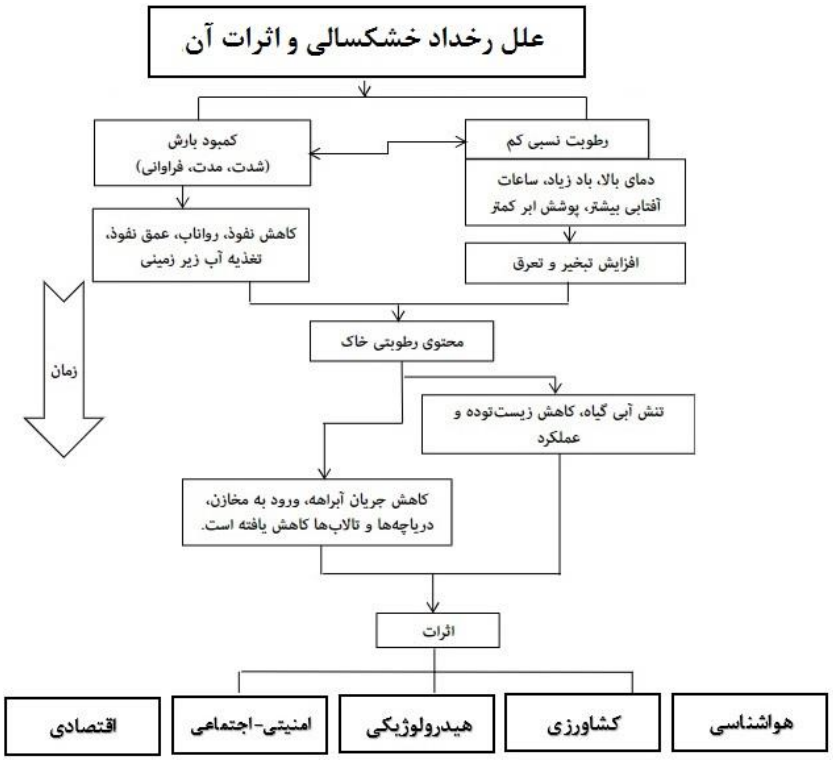
خشکسالی به‌عنوان مهمترین مخاطره طبیعی، همه ساله در مناطق وسیعی از کره زمین خسارات زیادی اعم از اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، اجتماعی و امنیتی به وجود می‌آورد. بدون تردید، نخستین گام مقابله با خشکسالی و پیامدهای آن، شناخت و درک دقیق این پدیده و تأثیرات ناشی از آن در همه ابعاد است. برای نیل به این منظور؛ در پژوهش حاضر به بررسی خشکسالی‌های شدید و فراگیر حوضه‌های آبریز ایران در ۳۰ سال اخیر با استفاده از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های همدید و کلیماتولوژی کشور با دست کم ۳۰ سال آمار پرداخته شد. برای تعیین شدت خشکسالی در ایران نیز از نمایه بارش استاندارد استفاده گردید. شواهد حاکی از این است که در حال حاضر، اغلب مناطق ایران خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید را تجربه می‌کنند. سهم ترسالی‌ها در کشور بسیار ناچیز است و فقط نیمه شمالی ایران در حوضه آبریز دریای مازندران و کرانه‌های جنوبی آن در مجاورت با جنگل‌ها و رودخانه‌های دائمی و همچنین گره‌گاه کوهستانی شمال‌غرب کشور در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در همسایگی جنوب آن با سدها و رودخانه‌های فراوان، ترسالی اندکی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که نیمه شرقی و مرکزی ایران در حوضه‌های آبریز مرز شرقی، قره‌قوم و فلات مرکزی، در قلمروی خشکسالی‌های شدید هستند. همچنین روند تغییرات بلندمدت بارش و خشکسالی نشان می‌دهد که بارش سالانه در ایران با آهنگ ۱/۱۷ میلیمتر در سال، روند کاهشی دارد و انواع طیف خشکسالی در کشور، روندی افزایشی ثبت کرده‌اند. به طور کلی می‌توان گفت، خشکسالی در کشور ایران هم شدت گرفته و هم فراگیر شده است و محدود به مناطق گرم و خشک داخلی نیست و حتی در نیمه شمالی، شمال‌غربی و غرب ایران نیز رخنه کرده است. ضمن اینکه، ترسالی‌ها در ایران بسیار اندک، متمرکز و از پدیده لانه‌گزینی اقلیمی تبعیت می‌کند.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، خشکسالی شدید و فراگیر، حوضه‌های آبریز، کشور ایران.

doi: 10.22034/GAHR.2025.501937.2372 شاپا الکترونیکی:2645-3851

مقدمه

امروزه طیف وسیعی از پدیده‌های مخاطره‌آمیز اقلیمی از جمله خشکسالی، در سراسر جهان و ایران به شدت افزایش یافته است و محیط‌زیست انسانی، گیاهی و جانوری را در معرض تهدید قرار داده است(حسینی و همکاران، ۱٤۰۲). این در حالی است که این پدیده جهانی، یکی از بلایای طبیعی در هر نوع آب و هوا است که بر خلاف خشکی که از ویژگی‌های دائمی اقلیم یک منطقه است، خشکسالی می‌تواند در دوره‌های زمانی مختلف و در هر منطقه‌ای تکرار شود(کاستلیتی و همکاران[1]، ۲۰۲۳؛ یاسا و همکاران[2]، ۲۰۲۳). تکرار بیش از حد خشکسالی در یک منطقه می‌تواند فاجعه‌آمیز باشد و منجر به کمبود منابع آبی، تغییر در فرآیندهای خاک‌سازی، رشد پوشش گیاهی، حیات جانوری و افت کیفیت آب، افزایش ریزگردها و توفان‌های گردوخاک شود(پاندا و همکاران[3]، ۲۰۲۰). خشکسالی همچنین فشار بر منابع آبی را تشدید می‌کند که به دلیل شهرنشینی سریع و رشد جمعیت، در شرایط بحرانی قرار دارد و بر مردم، اقتصاد و محیط زیست تأثیر می‌گذارد. اثرات اجتماعی، فیزیکی و اقتصادی خشکسالی به خصوص در کشورهای در حال توسعه می‌تواند قابل توجه باشد. عواقبی مانند کمبود آب و مشکل در تامین آن، تخریب منابع اکولوژیکی، عدم امنیت غذایی و ... که گاهی منجر به قحطی، رنج انسان و حتی مرگ می‌شود(کوگان[4]، ۱۹۹۷؛ فنگ[5]، ۲۰۱٤؛ سالکپی[6]، ۲۰۲۱).



[1] - Castelletti et al
[2] - Yasa et al
[3] - Panda et al
[4] - Kogan
[5] - Feng
[6] - Salakpi

در دهه‌های اخیر؛ تغییرات اقلیمی با تأثیرگذاری بر عواملی مانند دما و تبخیر تعرق، خشکسالی‌ها را تشدید می‌کند و مدیریت ریسک خشکسالی را ضروری می‌سازد(کپروسکا[1]، ۲۰۲۲). چرا که با توجه به پیش‌بینی‌های هواشناسی و سناریوهای گرمایش زمین، احتمال و شدت رخداد خشکسالی در سال‌های آینده جهان افزایش خواهد یافت(بودین[2]، ۲۰۰۶). این در حالی است که تحلیل خشکسالی در کشور ایران نشان می‌دهد که هیچ بخشی از کشور، از این پدیده در امان نبوده و نسبت موقعیت جغرافیایی خود و وضعیت اقلیمی موجود، اثرهای گوناگون این پدیده مخرب را تجربه کرده است(حسینی و فاطمی‌نیا، ۱۴۰۰). با درجه بندی حوادث طبیعی، پدیده خشکسالی، رتبه اول مخاطرات طبیعی را از نظر شدت، مدت، تلفات جانی، مالی و ... هم در جهان و هم در ایران داشته است(جدول ۱).

جدول(۱)، درجه بندی برخی حوادث طبیعی در جهان

(شماره ۱، گسترده‌ترین یا بزرگترین تا شماره ۵،کوچکترین یا کم اهمیت‌ترین مخاطره)

نوع پدیده	درجه شدت	طول مدت	فضای تحت پوشش	تلفات جانی	خسارات اقتصادی	اثرات اجتماعی
خشکسالی	۱	۱	۱	۱	۱	۱
توفان حاره	۱	۲	۲	۲	۲	۲
زلزله	۱	۵	۱	۲	۱	۱
آتشفشان	۱	٤	٤	۲	۲	۲
زمین لغزه	٤	۲	۲	٤	٤	٤
بارش‌های سیل آسا	۳	۵	٤	٤	٤	٤
رعد و برق	٤	۵	۲	٤	٤	۵

عده‌ی از اندیشمندان و ضاحب‌نظران بر این باورند که علل بروز خشکسالی‌ها را باید در ناهنجاری‌های گردش عمومی جو جستجو کرد(مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸٦). برخی نیز خشکسالی را کمبود بارش در دوره‌های بلندمدت که موجب کمبود رطوبت در خاک شده و سبب کاهش منابع آب می‌گردد و بدین طریق، فعالیت‌های انسانی و حیات معمول گیاهی و جانوری را بر هم می‌زند، تعبیر می‌کنند(باری و چارلی[3]، ۱۹۹۲). اما به طور کلی همان‌طور که قبلا نیز اشاره شد، خشکسالی وضعیتی ناشی از کمبود بارندگی است که در هر اقلیمی ممکن است رخ دهد. با این وجود، تعریف خشکسالی و چگونگی ارتباط آن با پدیده‌های هیدرولوژی بسیار مشکل است. زیرا اولاً، خشکسالی ممکن است به طور همزمان تمام اجزاء سیستم هیدرولوژی را تحت تاثیر قرارندهد. ثانیاً، خشکسالی یک پدیده مطلق نبوده بلکه کمبود نسبی رطوبت می‌باشد. در این صورت، تقاضای زیاد برای آب نیز می‌تواند خشکسالی ایجاد کند در حالی که، بارندگی ممکن است به صورت طبیعی بوده باشد(علیزاده، ۱۳۸۱). از بین تعاریف معمول خشکسالی، تعریف مقبول‌تر و منطقی‌تر نیز عبارت است از اینکه خشکسالی را می‌توان معلول یک دوره شرایط خشک غیرعادی دانست که به اندازه کافی دوام داشته باشد تا عدم تعادل در وضعیت هیدرولوژی و آب‌شناسی یک منطقه ایجاد شود(یزدان‌پناه و

[1] - Koprowska
[2] - Beaudin
[3] - Barry and Chorley

همکاران، ۱۳۸۹). دانشمندان علم آب وهواشناسی به منظور ارزیابی و پایش خشکسالی، شاخص‌های متعددی را ارائه داده‌اند(جدول ۲). هر یک از این شاخص‌ها بر اساس به کارگیری متغیرهای هواشناسی و روش‌های محاسباتی متفاوتی طراحی شده‌اند(ریچارد و هیم[1]، ۲۰۰۲). نتایج حاصل از تحلیل شاخص‌های خشکسالی حاکی از این است که اغلب کشورهای دنیا و به ویژه کشور ایران، در قلمرو خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید ناشی از تشدید تغییرات اقلیمی و البته دخالت‌های انسانی قرار دارد.

جدول ۲، انواع شاخص‌های سنجش و ارزیابی خشکسالی

نام شاخص سنجش خشکسالی	علامت اختصاری	پژوهشگر	سال ارائه	مقیاس زمانی	فاکتورهای مؤثر
شاخص شدت خشکسالی پالمر	PDSI	Palmer	۱۹٦۵	ماهیانه	دما–بارش–رواناب–تبخیروتعرق–رطوبت خاک
شاخص ذخیره آب سطحی	SWSI	Shafer Decman	۱۹۸۲	ماهیانه	بارش و پوشش برف
شاخص درصدی از نرمال	PN	Willeke	۱۹۹٤	ماهیانه	بارش
شاخص دهکها	Deciles	Gibbs & Maher	۱۹٦۷	ماهیانه	بارش
شاخص بارش استاندارد	SPI	Mckee	۱۹۹۳	۳–٦–۱۲–۲٤–٤۸ ماهه	بارش
شاخص رطوبت محصول	CMI	Palmer	۱۹٦۸	هفتگی	بارش و دما
شاخص خشکسالی رطوبت خاک	SMDI	Hollinger	۱۹۹٤	سالانه	رطوبت خاک
شاخص خشکسالی محصول ویژه	CSDI	Meyer	۱۹۹۳	فصلی	تبخیر
شاخص بارش کلی یا سراسری	RI	Gommes Petrassi	۱۹۹٤	قرن و سال	بارش
شاخص نابهنجاری و بی نظمی بارش	RAI	Rooy	۱۹٦۵	ماهانه وسالانه	بارش
شاخص خشکسالی احیائی	RDI	Weghorst	۱۹۹٦	ماهیانه	سطح آب رودخانه–بارش برف–جریانات سطحی–ذخائر آب
شاخص بارش مؤثر	ERI	Wilhite & Byum	۱۹۹۹	سالانه وروزانه	بارش روزانه

در زمینه تحلیل خشکسالی و شاخص‌های آن مطالعات پراکنده زیادی در سطح جهان و ایران انجام شده است که به اختصار به چند نمونه اشاره می‌شود؛ سیلوا[2](۲۰۰۳)، تأثیر تغییرات اقلیمی را بر روی پارامترهای اقلیمی و پدیده خشکسالی در برزیل بررسی نموده و بر این باورند که در دهه‌های گذشته، فراوانی وقوع و شدت خشکسالی‌ها در منطقه نیمه خشک و ساحلی برزیل افزایش پیدا کرده است. کرویتورو و توما[3](۲۰۱۱)، با بررسی رخداد خشکسالی در دشت‌های مرکزی رومانی، بندالی شدن هوا در مسیر فرارفت توده هوای مرطوب حاره ای را دلیل رخداد این

[1] - Richard and Heim
[2] - Silva
[3] - Croitoru and Toma

پدیده بیان کردند. داس و همکاران[1](۲۰۱۳)، به ارزیابی خشکسالی کشاورزی در حوضه بانکورا پرداختند و معتقدند که این منطقه با خشکسالی ترکیبی مواجه است به طوری که ٦ درصد منطقه بدون خطر، ۵۳ با خطر متوسط و ٤١ درصد با خطر بالا مواجه هستند. الفاق[2](۲۰۱۵)، با بررسی خشکسالی کشاورزی کشور سودان نشان داد که استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، بذرپاشی زودهنگام به منظور استفاده از بارندگی‌های غیرمنتظره، افزایش فاصله بین ردیف‌ها و استفاده از کشت‌های مخلوط، می‌تواند آسیب‌پذیری کشاورزان را کاهش دهد. وانگ و همکاران[3](۲۰۱۸)، با بررسی تغییرات مکانی-زمانی خشکسالی در حوضه رودخانه زرد چین بر این باروند که از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ کاهش خشکسالی به جز زمستان در این منطقه اتفاق افتاده است. داوال و پائول[4](۲۰۱۸)، با پایش خشکسالی در لاتور هند نشان دادند که شاخص وضعیت دما با دقت بالایی میزان خشکسالی منطقه را نشان می‌دهد. حسنعلی‌بیگ و همکاران[5](۲۰۲۰)، با تحلیل خشکسالی حوضه رودخانه چیترال کابل با شاخص وضعیت دما (TCI) و شاخص وضعیت رطوبت خاک (SMCI) نشان دادند که سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰٤ میلادی خشکسالی هواشناسی و سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ خشکسالی کشاورزی را تجربه کرده‌اند.

در ایران نیز؛ بذرافشان(۱۳۸۱)، شاخص پالمر را برای جنبه هواشناسی کشاورزی و شاخص بارش استاندارد را برای اهداف هواشناسی در خشک و نیمه خشک ایران توصیه کرده است. فتاحی و صداقت‌کردار(۱۳۸٦)، نشان دادند زمانی که در ایران، نمایه بارش استانداردشده دارای توالی‌های منفی باشد، خشکسالی رخ می‌دهد و زمانی که این نمایه ۱- و یا کمتر شود، خشکسالی تشدید می‌شود. علیجانی و بابایی(۱۳۸۸)، بر این باورند که در قسمت‌های شمال غرب، شمال و شمال‌شرق کشور خشکسالی‌ها بسیار شدید است در صورتی که در مناطق مرکز، جنوب و جنوب‌شرق خشکسالی‌ها متوسط و ملایم می‌باشد. خوش‌اخلاق و همکاران(۱۳۹۱)، معتقدند که فراوانی دوره‌های خشکسالی در جنوب غرب ایران بیش از دوره‌های ترسالی است و روند دوره‌های کاهش بارش به ویژه در سال‌های اخیر رو به افزایش می‌باشد. ملکی و همکاران(۱۳۹٤)، با بررسی خشکسالی و نقش آن در استفاده بهینه از منابع آب استان خراسان شمالی معتقدند که در این استان، تعداد سال‌های مرطوب کمتر از تعداد سال‌های خشک و کم‌باران بوده است. پورخسروانی و همکاران(۱۳۹۷)، با تحلیل فضایی خشکسالی حوضه سیرجان با استفاده از سنجش از دور و شاخص های ترکیبی به این نتیجه رسیدند که بیشترین شدت خشکسالی در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ و کمترین آن در سال ۲۰۰۹ رخ داده است. مردانی و همکاران(۱٤۰۲)، به بررسی خشکسالی در شهرستان مرودشت از طریق پوشش گیاهی نرمال شده، شاخص وضعیت دما و دمای سطح زمین بر این باورند که وضعیت خشکی خیلی شدید، بیش‌تر در قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی به‌ویژه در سال‌های ۲۰۱٦ و ۲۰۱۸ مشاهده می‌شود. حسینی و همکاران(۱٤۰۳)، با بررسی اقلیم مناطق خشک و نیمه خشک ایران مرکزی معتقدند که در ایران مرکزی، رابطه مستقیم و معنی‌داری بین ارتفاع و رفتار عناصر اقلیمی وجود دارد. اما به علت تأثیر عوامل محلی و کلان مقیاس اقلیمی، این ارتباط در سرتاسر پهنه یکسان نیست و گاهاً لانه‌گزینی‌اقلیمی را به وجود می‌آورد. حجازی‌زاده و همکاران (۱٤۰٤)، با بررسی اثر

[1] - Das et al
[2] - Elfaigh
[3] - Wang et al
[4] - Dhawale and Paul
[5] - Hasanalibeyk et al

خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی همدان بر این باورند که خشکسالی پوشش گیاهی استان همدان بر اساس داده‌های دورسنجی افزایش چشمگیری داشته است. ضرایب من‌کندال بیانگر وجود روندهای کاهشی پوشش گیاهی در سطح اطمینان معناداری ۹۵ ام است. همچنین واکاوی رفتار مکانی شاخص خشکسالی پوشش گیاهی نشان می‌دهد که ماه‌های فوریه، مارس و نیز آوریل در گستره استان همدان خشکسالی های شدیدتری تجربه شده است.

خشکسالی و گرمایش زمین، تنها یکی از عواقب وحشتناک تغییر اقلیم است. این پدیده‌های مخاطره‌آمیز هر دو مسبب تغییرات قابل توجهی در سبک زندگی بشر به ویژه کشاورزان و روستائیان شده است. لذا شناسایی، پایش و پیش‌آگاهی خشکسالی در کشور ایران که جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. خشکسالی‌های شدید و افزایش دما، کشورهای بسیاری از جمله ایران را با بحران کم‌آبی و فاجعه‌های طبیعی زیادی مواجه کرده است که مدیریت منابع آب، راه‌حلی ضروری و غیرقابل انکار است. با بررسی سوابق مطالعاتی در زمینه خشکسالی در ایران مشاهد شد که اغلب پژوهش‌ها، به بررسی این پدیده در قلمرو خرداقلیم یا ناحیه‌ای پرداخته‌اند و تا کنون، پژوهشی مدون و کامل در مورد خشکسالی در حوضه‌های آبریز ایران انجام نشده است. لذا پژوهش حاضر برای نیل به این هدف، به بررسی و پایش اقلیمی این پدیده، به تفکیک حوضه‌های آبریز ایران در ۳۰ سال اخیر پرداخته است.

مواد و روش

ایران، کشور پهناوری است که به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و ویژگی‌های توپوگرافی، آب و هوایی متفاوت دارد. میانگین بارندگی سالانه آن، حدود ۲۵۲ میلی‌متر گزارش شده است که با در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی آن و قرار داشتن در کمربند خشک و نیمه خشک دنیا و کمبود بارش، بایستی اذعان داشت که بروز بحران‌های آبی و خشکسالی شدید از مشخصه‌های اصلی آن به شمار می‌آید (غیور، ۱۳۷٦). این شرایط به ویژه در مناطقی از کشور که از بارش کمتری برخوردارند، شدیدتر است. از آنجا که مبانی زندگی ما با همین بارش اندک هماهنگ شده است، وجود روند افزایشی در خشکسالی، به معنای تغییر شکل زندگی در ایران خواهد بود (مسعودیان، ۱۳۹۰). به طوری که؛ مخصوصاً زندگی جامعه روستایی در ایران به دلیل بروز بحران‌های ناشی از خشکسالی که تأثیرات زیادی بر اقتصاد و معیشت زندگی روستاییان داشته به شدت تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. تا جایی که، راهبردهای گذشته در زمینه مدیریت خشکسالی در نواحی روستایی چندان موفقت‌آمیز نبوده و نتوانسته است مشکلات نادیده شدن پتانسیل گردشگری و بوم‌گردی روستاها، کمبود منابع آبی، کاهش مراتع و افزایش مهاجرت شهری را حل نماید. امروزه کشور ایران در حال تجربه مشکلات جدی در زمینه تامین منابع آب است. خشکسالی‌های مکرر همراه با برداشت بیش از حد آب‌های سطحی و زیرزمینی از طریق شبکه بزرگی از زیرساخت‌های هیدرولیک و چاه‌های عمیق، وضعیت آب کشور را به سطح بحرانی رسانده‌است. از نشانه‌های این وضعیت؛ خشک‌شدن دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و تالاب‌ها، کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، فرونشست زمین، کاهش کیفیت آب، فرسایش خاک، بیابان‌زایی و توفان‌های گرد و غبار بیشتر است (حسینی و همکاران، ۱٤۰۲).

در پژوهش حاضر جهت بررسی پدیده خشکسالی در کشور ایران و ارائه راهکارهای عملیاتی مقابله با این بحران خزنده و فراگیر، از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های همدید و کلیماتولوژی با دست کم ۳۰ سال آماری در حوضه-های آبریز اصلی کشور استفاده شده است. این داده‌ها در مرکز ملی اقلیم و مدیریت بحران خشکسالی به نشانی https://ndc.irimo.ir تا پایان سال ۱۴۰۲ خورشیدی در دسترس است. در این پژوهش، نمودارهای گرافیکی و نقشه‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص بارش استاندارد(SPI)[1] به تفکیک برای کل حوضه‌های آبریز اصلی کشور استخراج شده است(شکل ۱).

شکل ۱، حوضه‌های آبریز اصلی ایران

حوضه‌های آبریز اصلی کشور شامل ٦ ابرحوضه برابر با مساحت کل کشور می‌باشد، که هر یک از این حوضه‌ها خود به حوضه‌های کوچک و تا چندین رده کوچکتر نیز تقسیم می‌شوند. این ٦ ابرحوضه عبارتند از: ۱- حوضه آبریز دریای مازندران با ۷ زیرحوضه(جدول ۳)؛ ۲- حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان با ۹ زیرحوضه(جدول ٤)؛ ۳- حوضه آبریز دریاچه ارومیه(جدول ۵)؛ ٤- حوضه آبریز فلات مرکزی با ۹ زیرحوضه(جدول ٦)؛ ۵- حوضه آبریز مرزی شرق کشور با ۳ زیرحوضه(جدول ۷)؛ ٦- حوضه آبریز قره‌قوم(جدول ۸). بر اساس تقسیمات آبخیزداری، حوضه‌های آبریز حدود ۱۲۵ میلیون هکتار از مساحت کشور را در بر می‌گیرند. حدود ۳۹ میلیون هکتار باقی‌مانده از سطح کشور را مناطق بیابانی، کویری، باتلاق‌ها، دریاچه‌ها، شهرها و . . . تشکیل داده است (معاونت نظارت راهبردی ریاست جمهوری و وزارت نیرو، ۱٤۰۱). وسیع‌ترین حوضه آبریز ایران، حوضه آبریز فلات مرکزی با ۸۲٤٦۱۱ کیلومترمربع و کوچکترین حوضه، حوضه آبریز قره‌قوم با ٤٤۲۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد.

[1] - Standardized Precipitation Index (SPI)

ردیف	نام حوضه آبریز	مساحت حوضه درجه ۲ کیلومتر مربع
۱	حوضه آبریز رودخانه ارس	۳۹۷۷۸/۸
۲	حوضه آبریز رودخانه‌های تالش – تالاب انزلی	۷۰۳۶/۳
۳	حوضه آبریز سفید رود	۵۹۱۹۴/۱
۴	حوضه آبریز رودخانه‌های بین سفید رود و هراز	۱۰۸۹۳/۴
۵	حوضه آبریز رودخانه هراز و رودخانه‌های بین هراز و قره‌سو	۱۸۷۷۴/۹
۶	حوضه آبریز رودخانه‌های قره‌سو و گرگان	۱۲۹۸۶/۹
۷	حوضه آبریز رودخانه اترک	۲۶۳۹۵/۷
	جمع	۱۷۵۰۶۰

جدول ۳، تقسیمات درجه ۲ حوضه آبریز دریای مازندران

ردیف	نام حوضه آبریز	مساحت حوضه درجه ۲ کیلومتر مربع
۱	حوضه آبریز رودخانه‌های مرزی غرب	۳۹۲۹۷/۸
۲	حوضه آبریز رودخانه کرخه	۵۱۹۱۲/۳
۳	حوضه آبریز رودخانه کارون بزرگ	۶۶۶۷۵/۹
۴	حوضه آبریز رودخانه‌های هندیجان– جراحی	۴۰۸۲۰/۸
۵	حوضه آبریز رودخانه حله و مسیل‌های کوچک دو طرف آن	۲۱۳۰۹/۱
۶	حوضه آبریز رودخانه مند و حوضه‌های بسته‌هرم، کاریان و خنج	۴۷۸۰۲
۷	حوضه آبریز رودخانه‌های کل و مهران ومسیل‌های جنوبی و جزایر	۶۲۸۹۵/۸
۸	حوضه آبریز رودخانه‌های بین بندر عباس و سدیج	۴۴۷۹۲/۲
۹	حوضه آبریز رودخانه‌های بلوچستان جنوبی بین سدیج و مرز پاکستان	۴۸۵۲۳/۷
	جمع	۴۲۴۰۲۹/۶

جدول ٤، تقسیمات درجه ۲ حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان

ردیف	نام حوضه آبریز	مساحت حوضه درجه ۲ کیلومتر مربع
۱	حوضه آبریز دریاچه‌ارومیه	۵۱۷۶۱/۹

جدول ۵، تقسیمات درجه ۲ حوضه آبریز دریاچه ارومیه

ردیف	نام حوضه آبریز	مساحت حوضه درجه ۲ کیلومتر مربع
۱	حوضه آبریز دریاچه نمک	۹۲۸۸۴/۲
۲	حوضه آبریز گاوخونی	۴۱۵۵۲/۳
۳	حوضه آبریز دریاچه های طشک – بختگان و مهارلو	۳۱۴۵۱/۹
۴	حوضه آبریز کویر آب‌رقو – سیرجان	۵۷۱۲۵/۳
۵	حوضه آبریز هامون جازموریان	۶۹۳۷۴/۸
۶	حوضه آبریز کویر لوت	۲۰۶۳۵۴
۷	حوضه آبریز کویر مرکزی	۲۲۶۵۳۳/۱
۸	حوضه آبریز کویرهای سیاه‌کوه، ریگ‌زرین و دق‌سرخ	۴۸۵۹۹/۱
۹	حوضه آبریز کویرهای درانجیر و ساغند	۵۰۷۳۶/۵
	جمع	۸۲۴۶۱۱/۲

جدول ٦، تقسیمات درجه ۲ حوضه آبریز فلات مرکزی

ردیف	نام حوضه آبریز	مساحت حوضه درجه ۲ کیلومتر مربع
۱	حوضه آبریز دق‌پترگان – نمک‌زار خواف	۳۳۰۸۶
۲	حوضه آبریز هامون هیرمند(گودزره)	۳۳۵۸۹/۶
۳	حوضه آبریز هامون مشکیل	۳۶۵۰۷/۶
	جمع	۱۰۳۱۸۳/۲

جدول ۷، تقسیمات درجه ۲ حوضه آبریز مرزی شرق

ردیف	نام حوضه آبریز	مساحت حوضه درجه ۲ کیلومتر مربع
۱	حوضه آبریز قره‌قوم	۴۴۲۹۵/۵

جدول ۸، تقسیمات درجه ۲ حوضه آبریز قره‌قوم

در پژوهش حاضر برای تعیین شدت خشکسالی ایران، از شاخص بارش استاندارد استفاده شد. این شاخص در سال ۱۹۹۳ به وسیله مکی‌کی و همکاران[1]، برای پایش خشکسالی در منطقه کلرادو ارائه شد و به دلیل سادگی در محاسبات و استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی و هر نوع شرایط آب و هوایی به عنوان مناسب‌ترین شاخص شناخته می‌شود. این شاخص برای محاسبه خشکسالی در مقیاس‌های کوتاه مدت(۱، ۳، ٦ و ۹ ماهه) و بلندمدت(۱۲، ۲٤، ٤٦ و ۷۲ ماهه) و بر مبنای داده های بارش که همبستگی بالایی نسبت به هم دارند استوار است. شاخص کوتاه‌مدت، شرایط رطوبت خاک را منعکس می‌کند و برآورد فصلی از بارندگی را مشخص می‌سازد. در این مدل، تغییرات بیشتری وجود دارد و نشانگر آن است که نمایه بارش استاندارد کوتاه‌مدت، حساسیت

[1] - Mckee et al

بیشتری به تغییرات شرایط رطوبت دارد و همان طور که n طولانی‌تر می‌شود، بارندگی ماه جدید اثر کمتری بر کل بارندگی دارد و نمایه به آهستگی پاسخ می‌دهد. شاخص طولانی‌مدت نیز، خشکسالی را بهتر منعکس می‌کند و مقادیر بارش استاندارد برای این مقیاس زمانی با سیل، آب سطحی و منابع آب زیرزمینی مرتبط است. لازم به ذکر است که مناسب‌ترین توابع توزیع احتمال برای برازش داده‌های بارندگی ماهانه به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، توابع گاما می‌باشد. این شاخص از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه ۱

$$SPI = \frac{xi - \bar{x}}{SD}$$

که در این رابطه؛

$SPI =$ شاخص بارش استاندارد؛

$\bar{x}$= میانگین بارش در طول دوره آماری؛

$xi =$ بارش در هر ماه یا سال؛

$SD =$ انحراف استاندارد.

به منظور تفسیر و بررسی نتایج حاصل از این محاسبه، جدولی ارائه شده که در آن مقادیر مثبت، نشان دهنده بارندگی بیش از بارش متوسط و ترسالی محسوب می‌شود و مقادیر منفی، نشان دهنده بارندگی کمتر از بارش متوسط و خشکسالی به حساب می‌آید(مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳):

جدول۹، طبقه بندی مقادیر شاخص بارش استاندارد جهت محاسبه شدت خشکسالی

مقادیر شاخص بارش استاندارد در هر طبقه	وضعیت آب و هوایی هر طبقه
>۲	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/٤۹	ترسالی متوسط
۰ تا ۰/۹۹	ترسالی ضعیف
۰	نرمال
۰/۹۹- تا ۰	خشکسالی ضعیف
۱/٤۹- تا ۱-	خشکسالی متوسط
۱/۹۹- تا ۱/۵-	خشکسالی شدید
<-۲	خشکسالی بسیار شدید

نتایج وبحث

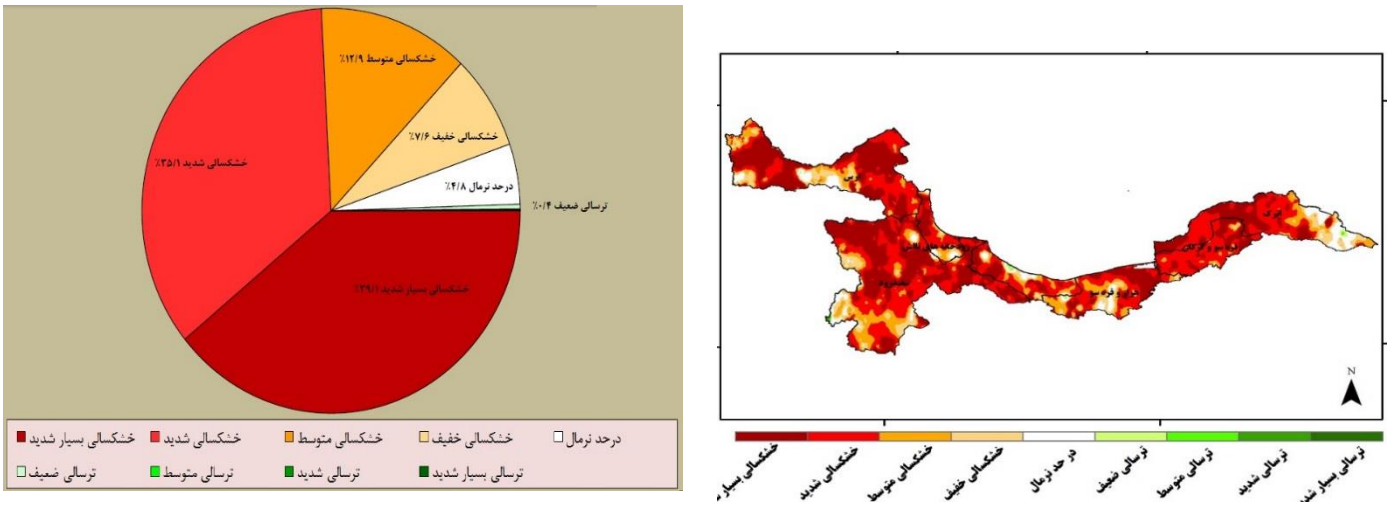
- تحلیل خشکسالی شدید و فراگیر در حوضه‌های آبریز اصلی ایران

جدول ۳ و شکل‌های ۲ تا ۷، وضعیت خشکسالی و درصد مساحت تحت تاثیر این پدیده مخاطره‌آمیز را به تفکیک در حوضه‌های آبریز اصلی کشور نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در تمام حوضه‌های آبریز ایران، خشکسالی شدید و بسیار شدید سهم بسیار بالایی را به خود اختصاص داده است. رخداد این شرایط حاکی از این است که احتمال رخداد خشکسالی در هر حوضه‌ای از کشور حتی در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب نیز وجود دارد. این بدان معناست

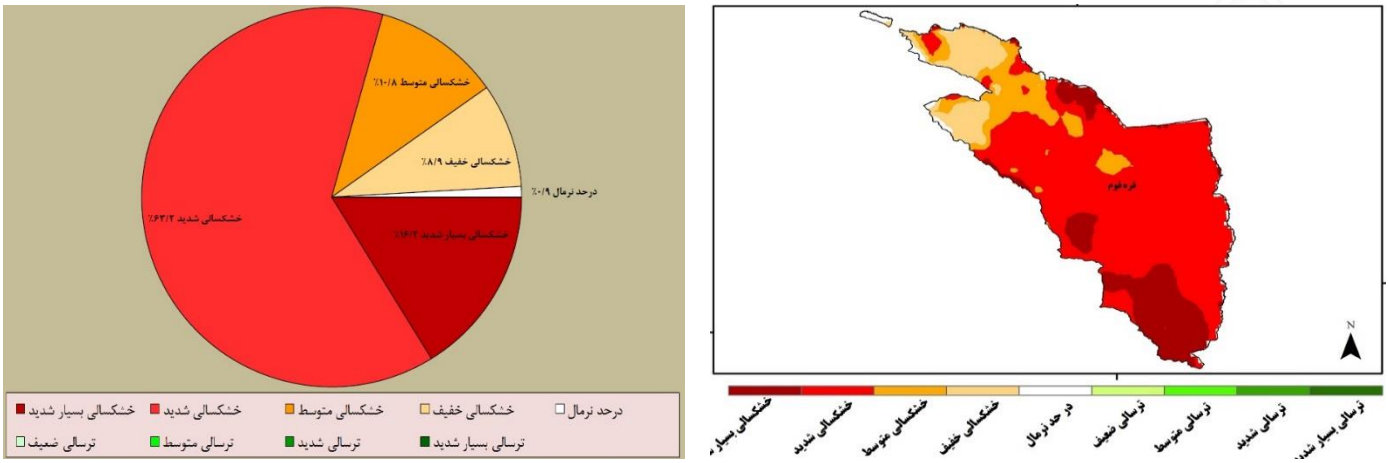
که این پدیده به صورت فراگیر، آرام و خزنده در تمام ایران رخنه کرده است و فقط مربوط به مناطق گرم و خشک داخلی نیست. چه بسا؛ بسته به میانگین بارش سالانه در هر حوضه در ۳۰ سال اخیر، حوضه‌های آبریز مازندران و دریاچه ارومیه با کاهش بیشتری در میانگین بارش سالانه مواجه شده‌اند. به طوری که ملاحظه می‌شود؛ حوضه آبریز مازندران با ۳۹ درصد، رتبه نحست خشکسالی‌های بسیارشدید در کشور را به خود اختصاص داده است و پس از آن؛ حوضه آبریز دریاچه ارومیه با ۳۵ درصد و فلات مرکزی با ۲۰ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که نیمه شرقی ایران در حوضه آبریز مرز شرقی با ۸۲ درصد و در حوضه آبریز قره‌قوم در شمال‌شرق کشور با ٦۳ درصد به ترتیب؛ در رتبه‌های اول و دوم خشکسالی شدید قرار دارند. همچنین نتایج حاکی از این است که فقط حوضه آبریز دریای مازندران و دریاچه ارومیه به صورت اندک و ناچیز در طی ۳۰ سال اخیر، ترسالی بسیارشدید و شدید را با ارقام اندک ۰/۰۳ و ۰/۰۲ درصد تجربه کرده‌اند.

جدول ۹، درصد مساحت تحت تاثیر خشکسالی در حوضه‌های آبریز اصلی ایران

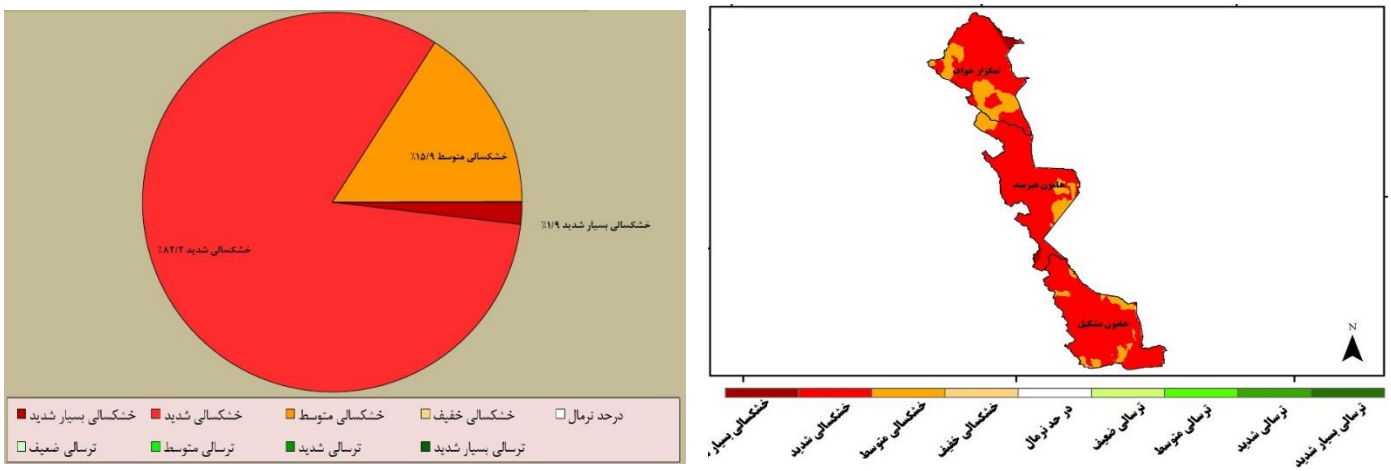
ردیف	حوضه‌های آبریز اصلی	ترسالی بسیار شدید	ترسالی شدید	ترسالی متوسط	ترسالی ضعیف	درحد نرمال	خشکسالی خفیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
۱	دریای مازندران	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۳۷	٤/۸۲	۷/٦۱	۱۲/۸٦	۳۵/۱۱	۳۹/۰۷
۲	خلیج فارس و دریای عمان	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۲	۲/٤	۷/۵	۲۲/۸	۵۸/۲	۸/٦
۳	دریاچه ارومیه	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/٤۸	۱/۰۵	۱۰/۲۲	۹/۵۵	۱۳/۷۸	۲۹/۱۵	۳۵/٤٦
٤	فلات مرکزی	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۸٦	۳/۳۱	۱۳/٤۵	٦۲/۱۹	۲۰/۱٦
۵	مرزی شرق	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰۳	۱۵/۸۷	۸۲/۲۲	۱/۸۸
٦	قره‌قوم	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۹۰	۸/۹۰	۱۰/۸٤	٦۳/۱٦	۱٦/۲۰



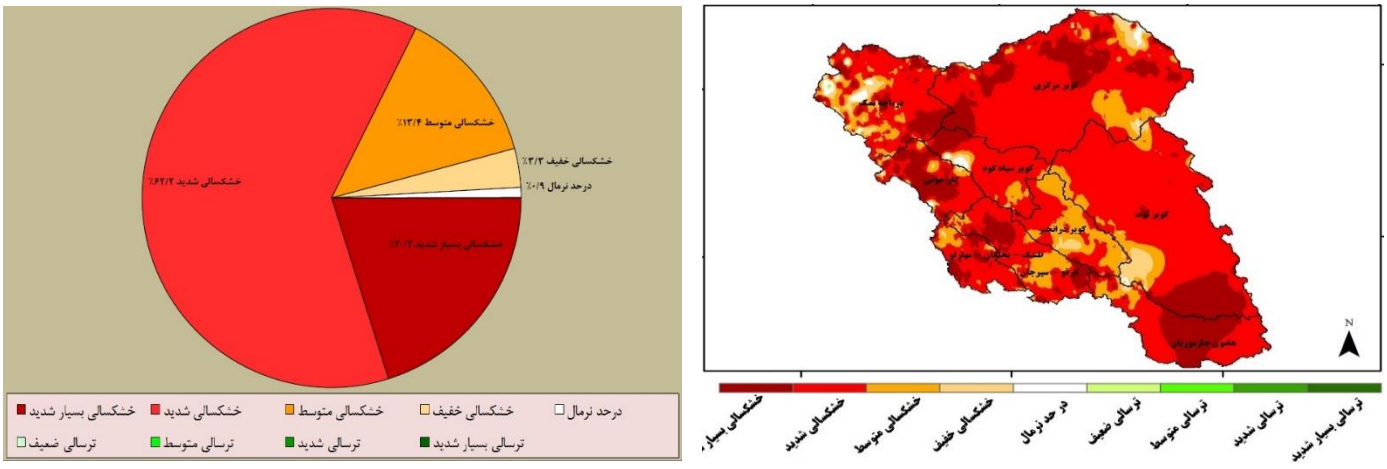
شکل ۲، پهنه‌بندی خشکسالی و درصد مساحت تحت تاثیر خشکسالی در حوضه آبریز دریای مازندران



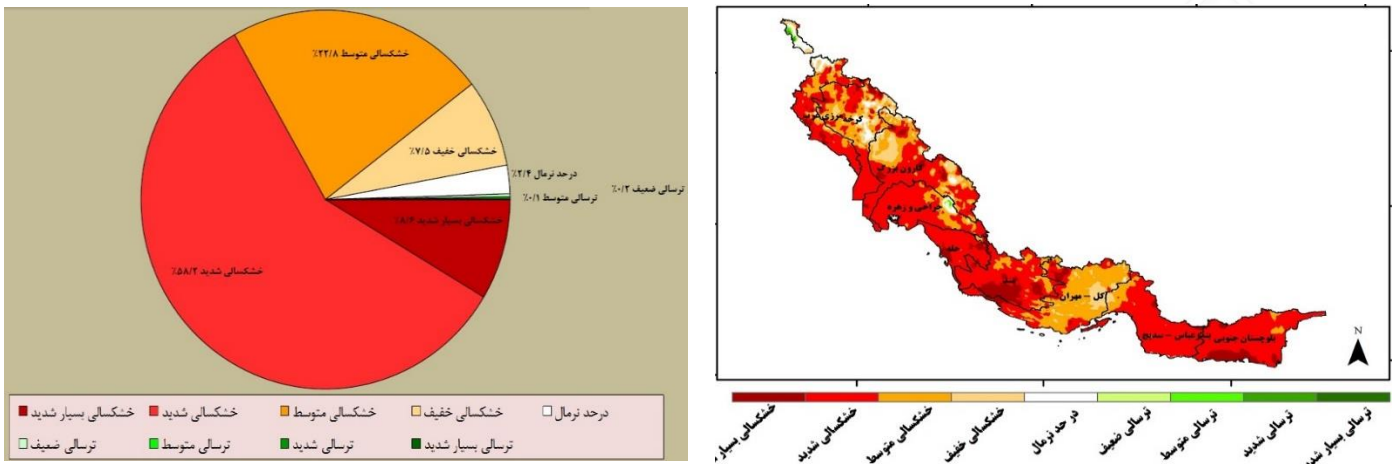
شکل ۳، پهنه‌بندی خشکسالی و درصد مساحت تحت تاثیر خشکسالی در حوضه آبریز قره‌قوم



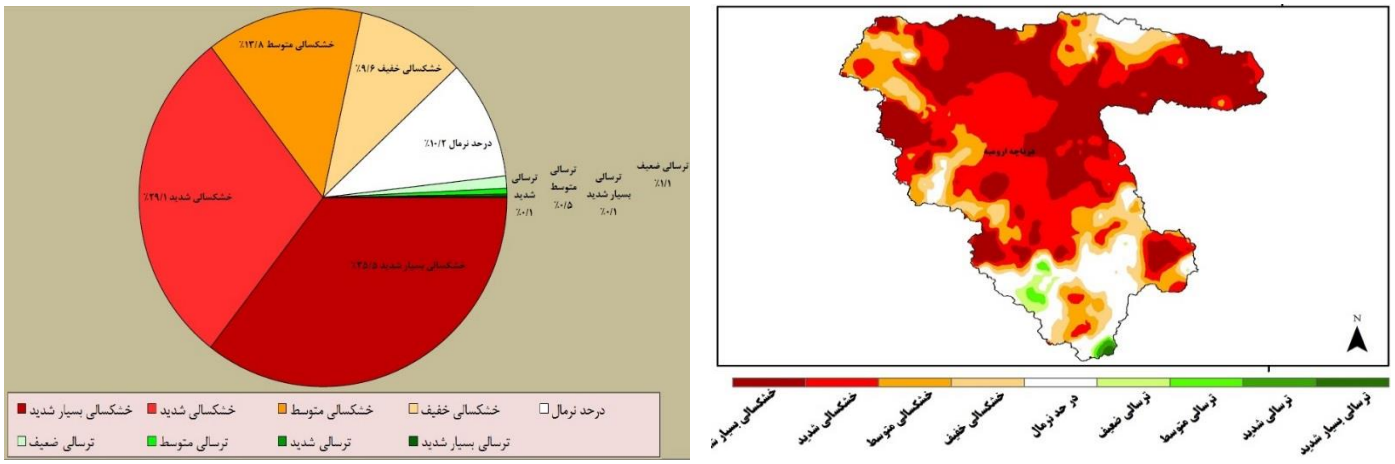
شکل ٤، پهنه‌بندی خشکسالی و درصد مساحت تحت تاثیر خشکسالی در حوضه آبریز شرق ایران



شکل ۵، پهنه‌بندی خشکسالی و درصد مساحت تحت تاثیر خشکسالی در حوضه آبریز فلات مرکزی



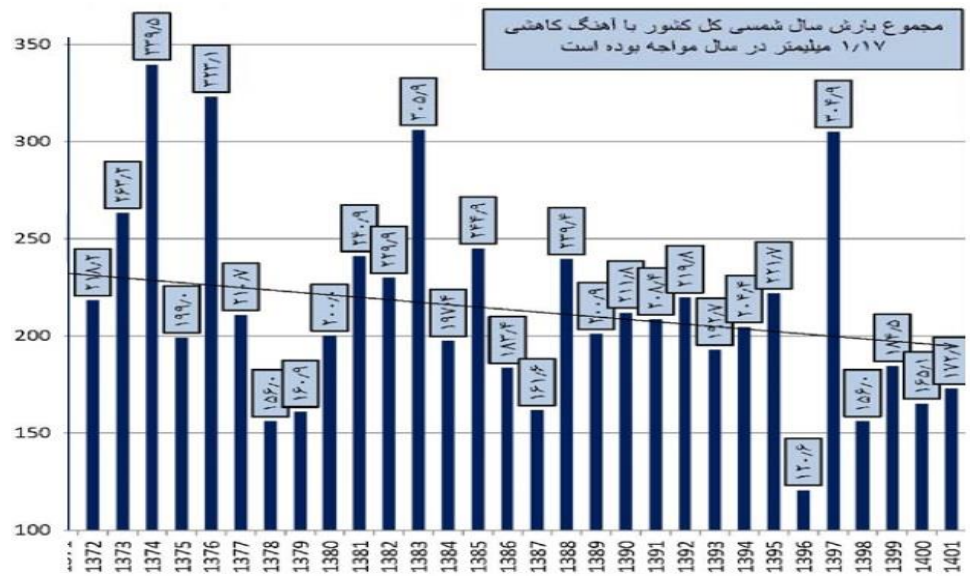
شکل ٦، پهنه‌بندی خشکسالی و درصد مساحت تحت تاثیر خشکسالی در حوضه آبریز دریای عمان و خلیج فارس



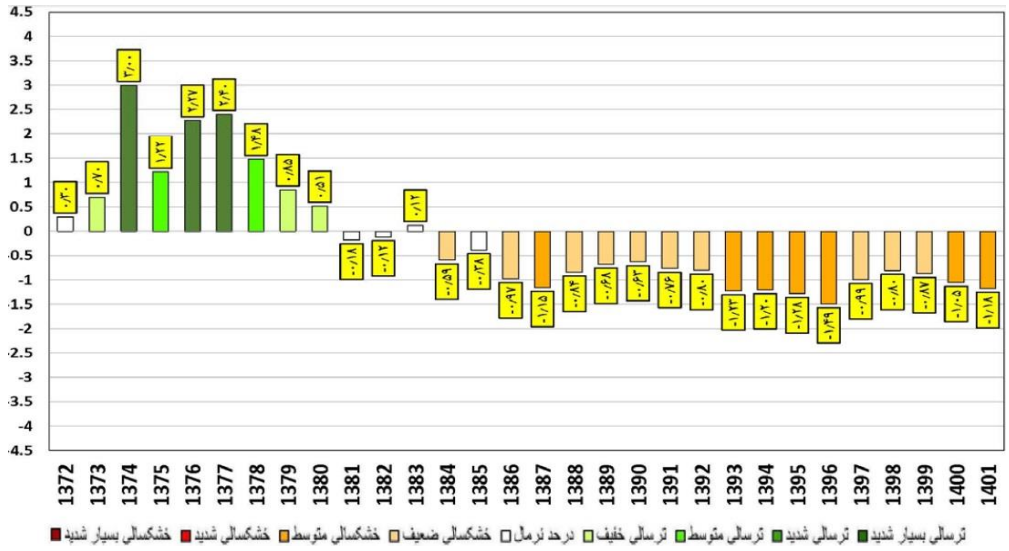
شکل ۷، پهنه‌بندی خشکسالی و درصد مساحت تحت تاثیر خشکسالی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

- روند تغییرات بارش و خشکسالی‌های شدید و فراگیر در ایران

نمودار روند تغییرات بارش در ۳۰ سال اخیر نشان می‌دهد که بارش سالانه ایران با آهنگ ۱/۱۷ میلیمتر در سال، روند کاهشی دارد و به جزء محدود سال‌هایی که بارش سالانه بیش از بارش بلندمدت کشور(۲۵۲ میلیمتر) باریده است اما در بیشتر سال‌ها، کمتر از میانگین کشور، ریزش جوی رخ می‌دهد(شکل ۹) . این در حالی است که تغییرات خشکسالی ایران نیز حاکی از این است که در ده سال اول مورد بررسی، سال های نرمال و ترسال ثبت شده است. سال‌های ۷۹، ۸۰، ۷۳؛ ترسالی خفیف، سال ۷۸ و ۷۵؛ ترسالی متوسط و سال‌های ۷٤، ۷٦، ۷۷؛ ترسالی بسیار شدید داشته‌اند. از سال ۸٤ تا ۱٤۰۱ شرایط نرمال و خشکسالی ثبت شده؛ که ۱۰ سال خشکسالی خفیف و ۷ سال خشکسالی متوسط بوده است. سال ۹٦ وسعت و شدت خشکسالی بیشتر از سال‌های دیگر در مجموع ۳۰ سال اخیر در کشور بوده است(شکل ۱۰).



شکل ۹، روند تغییرات بارش در ۳۰ سال اخیر ایران



شکل ۱۰، روند تغییرات بلندمدت خشکسالی در ۳۰ سال اخیر ایران

نتیجه‌گیری

خشکسالی پدیده‌ای است پویا، غیرقابل پیش‌بینی که شروع و خاتمه آن مشخص نیست. این پدیده، آرام و خزنده است که به آرامی یک محیط را تسخیر و در نهایت به یک بلای طبیعی تبدیل می‌گردد. ویژگی‌ها و اثرات خشکسالی‌ها در رژیم‌های مختلف آب و هوایی با همدیگر متفاوت است. در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، کمبود بارندگی اثرات شدیدی بر روی منابع آبی می‌گذارد و در اغلب موارد خشکسالی‌های هواشناسی به وقوع خشکسالی‌های هیدرولوژیکی منتهی می‌شود که نتیجه آن، کاهش تولیدات کشاورزی، خسارت‌های مالی و حتی رخداد مشکلات اجتماعی و امنیتی مانند مهاجرت و آشوب‌های صنفی کشاورزان و دامداران در یک منطقه می‌شود.

در پژوهش حاضر به بررسی خشکسالی‌های شدید و فراگیر حوضه‌های آبریز ایران در ۳۰ سال اخیر پرداخته شد. شواهد حاکی از این است که در این دوره، اغلب مناطق ایران خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید را تجربه کرده‌اند و سهم ترسالی‌ها در کشور بسیار ناچیز است و فقط حوضه آبریز مازندران، بخش‌های کرانه‌های جنوبی دریای خزر

و گره‌گاه کوهستانی شمال‌غرب در همسایگی جنوب دریاچه ارومیه، رقم بسیار اندکی از ترسالی را از آن خود کرده‌اند. بخش‌های پراکنده‌ای از کشور نیز در مجاورت رودخانه‌های دائمی، دریاچه‌ها و سدهای کشور مانند ارس، دریاچه ارومیه، شرق و مرکز کرخه، شرق جراحی و زهره نیز ترسالی اندکی ثبت کرده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که نیمه شرقی و مرکزی ایران در حوضه‌های آبریز مرز شرقی، قره‌قوم و فلات مرکزی در قلمروی خشکسالی‌های شدید هستند. روند تغییرات بارش و خشکسالی در۳۰ سال اخیر نشان می‌دهد که بارش سالانه در ایران با آهنگ ۱/۱۷ میلیمتر در سال، روند کاهشی دارد و انواع طیف خشکسالی‌ها نیز در کشور، روندی افزایشی ثبت کرده‌اند. به طور کلی باید گفت، خشکسالی در کشور ایران هم شدت گرفته و هم فراگیر شده است و محدود به مناطق گرم و خشک داخلی نیست و حتی در نیمه شمالی، شمال‌غربی و غرب ایران نیز رخنه کرده است. ضمن اینکه، ترسالی‌ها در ایران نیز متمرکز شده و از پدیده لانه‌گزینی اقلیمی تبعیت می‌کند. بنابراین نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های دیگر پژوهشگران از جهت کاهش روند بارش، افزایش روند خشکسالی، فراگیرشدن خشکسالی در کشور و متمرکزشدن ترسالی‌ها انطباق دارد(علیجانی و بابایی، ۱۳۸۸؛ مسعودیان، ۱۳۹۰؛ خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹٤؛ حسینی و همکاران، ۱٤۰۳).

رخداد این شرایط، لزوم مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب و اصلاح الگوی کشت در کشور را ضروری می‌سازد. برای جلوگیری از اثرات منفی خشکسالی، اقدامات عملیاتی زیر در کوتاه‌مدت و بلندمدت پیشنهاد می‌شود: استفاده از فناوری‌های نوین جهت پایش و پیش‌بینی پدیده خشکسالی مانند استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های رقومی مستخرج از آن‌ها؛ استفاده از پهبادها جهت رصد منظم و مداوم سطوح آبی کشور مانند سدها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها؛ جلوگیری از احداث چاه‌های عمیق و نیمه عمیق غیراصولی و غیرمجاز؛ کشاورزی اصولی و استفاده از روش‌های صحیح آبیاری؛ برنامه‌ریزی برای جلوگیری از بیابان‌زایی از طریق احداث بادشکن‌های طبیعی و مصنوعی؛ اجرای عملیات آبخوان‌داری و آبخیزداری در بالادست حوضه‌های آبریز مانند گابیون‌سازی و بندسازی؛ آموزش همگانی در مدارس و دانشگاه‌ها جهت صرفه‌جویی آب در بخش خانگی و مدیریت منابع آب و افزایش بهره‌وری در بخش‌کشاورزی و صنعتی؛ رعایت الگوی کشت در کشور و تمرکز بر کشت‌های سازگار با اقلیم خشک و نیمه خشک کشور؛ بهبود پوشش‌های بیمه‌ای محصولات کشاورزان؛ ایجاد فرصت‌های اشتغال غیرکشاورزی خصوصاً در صنایع دستی و تولیدات روستایی؛ اعطای کمک‌های یارانه‌ای و غیرنقدی به کشاورزان برای جبران کمبودهای ناشی از خسارت‌های خشکسالی؛ توسعه کشت گلخانه‌ای به دلیل پایین بودن مصرف آب و اشتغالزایی بالای آن.

سپاسگزاری

نویسندگان این پژوهش از حمایت‌های بی‌دریغ مرکز ملی اقلیم و مدیریت بحران خشکسالی کشور به سبب در اختیار گذاشتن داده‌های مورد استفاده و نقشه‌های لازم تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

۱- بذرافشان، جواد (۱۳۸۱)، مقایسه شاخص‌های خشکسالی در چند نمونه اقلیمی ایران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، رشته هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران.

۲- پورخسروانی، محسن؛ مهرابی، علی؛ موسوی، سیدحجت(۱۳۹۷). تحلیل فضایی خشکسالی حوضه سیرجان با استفاده از سنجش از دور، مجله مهندسی اکوسیستم بیابان، ۲۰ : ۱۳-۲۲.

۳- حجازی‌زاده، زهرا؛ حسینی، سید محمد؛ کربلایی درئی، علیرضا؛ لایقی، شکوفه (۱٤۰٤)، پهنه‌بندی اثر خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی همدان در سه دهه اخیر با استفاده از مدل TCI، مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۷۷، ۵۹-٤٤.

۴- حسینی، سید محمد؛ خرم‌آبادی، فرحناز؛ ذوالفقارزاده، سعید (۱٤۰۳)، اقلیم‌شناسی مناطق خشک و نیمه خشک ایران مرکزی، مجله جغرافیا و روابط انسانی، شماره ۱، ۵۱۷-٤۹۸.

۵- حسینی، سید محمد؛ خرم‌آبادی، فرحناز؛ طحانی‌یزدلی، مصطفی (۱٤۰۲)، بررسی تغییرات زمانی- مکانی مخاطره گردوغبار در استان کردستان، نشریه پژوهش‌های محیط زیست، ۲۸: ۱۹۷-۱۸۱.

۶- حسینی، سید محمد؛ فاطمی‌نیا، فخری‌سادات (۱٤۰۰)، کنکاشی در مخاطرات طبیعی ایران، ششمین کنگره ملی یافته-های نوین در علوم کشاورزی، محیط زیست و گردشگری، تهران.

۷- خوش‌اخلاق، فریبرز؛ عزیزی، قاسم؛ رحیمی، مجتبی(۱۳۹۱)، الگوهای همدید خشکسالی و ترسالی زمستانه در جنوب غرب ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۵، ۷۷-۵۷.

۸- علیزاده، امین (۱۳۸۱)، اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی.

۹- علیجانی، بهلول؛ بابایی، ام‌السلمه (۱۳۸۸)، تحلیل فضایی خشکسالی های کوتاه مدت ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه ای، ۸۸، ۱۲۱-۱۰۹.

۱۰- غیور، حسنعلی (۱۳۷۶)، اثرات زیست محیطی و اقتصادی-اجتماعی خشکسالی، مجموعه مقالات همایش منطقه ای بحران آب و خشکسالی، دانشگاه آزاد رشت.

۱۱- فتاحی، ابراهیم؛ صداقت کردار، عبدالله (۱۳۸۶)، تحلیل منحنی‌های شدت - مدت و فراوانی خشکسالی مطالعه موردی؛ ایستگاه‌های برگزیده جنوب غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، ۸۶، ۱۳-۱.

۱۲- مردانی، رامین؛ منتصری، حسین(۱٤۰۲). تغییرات زمانی و مکانی خشکسالی هواشناسی و ارتباط آن با شاخص‌های دمایی و وضعیت پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در مرودشت، مدیریت آب و خاک، ۳: ۷۲ -۸۹ .

۱۳- مسعودیان سید ابوالفضل؛ کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۶)، آب و هواشناسی ایران، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان.

۱۴- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰)، آب و هوای ایران، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان.

۱۵- معاونت نظارت راهبردی ریاست جمهوری؛ وزارت نیرو (۱٤۰۱)، دستورالعمل تقسیم بندی و کدگذاری حوضه های آبریز و محدود ههای مطالعاتی در سطح کشور، نشریه شماره ۳۱۰، ۱۳۰-۱.

۱۶- ملکی،علیرضا؛ ترکمانی، محمدجواد(۱۳۹٤)، مدیریت خشکسالی برای استفاده بهینه از منابع آب استان خراسان شمالی، مجله تحقیقات اقتصادکشاورزی، ۲۵: ۸۹-۶۵

۱۷- یزدان‌پناه، حجت الله؛ موحدی، سعید؛ سلیمانی، مریم؛ صالحی، مهدی (۱۳۸۹)، پایش خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص **SPI** و تاثیر آن بر گندم دیم، نشریه جغرافیا و توسعه، ۲۰: ۱۱۰-۹۰.

۱۸- **Barry, R.G., Chorley R.J.A., (1992), Atmosphere and Climate, Six edition Routledge.**

۱۹- **Beaudin, I., (2006), Potentiel de la télédétection pour le suivi et la caractérisation des conditions de sécheresse en milieu méditerranéen, University LAVAL.**

۲۰- **Castelletti, A., Pechlivanidis, I., Giuliani, M., Du, Y., (2023), A pan-European analysis of drought events and impacts, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria.**

۲۱- **Croitoru, A. E., Toma, F.M., (2011), Meteorological Drought in Central Romanian Plain (Between OLT and Ages Rivers) Case Study: Year 2000. Riscuri Sicatastrofe, 9: 113-120.**

۲۲- **Das, S., Roy, C., Malini, S., (2013), Geospatial Assessment of Agricultural Drought (case study of Bankura, weast Bengal), International Journal of Agricultural Science and Research, 1:1-28.**

۲۳- **Dhawale, R., Paul, S. K., (2018), A Comparative Analysis of Drought Indices on Vegetation Through Remote Sensing for Latur Region of India, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 5:20-23.**

۲۴- **Elfaigh, A. H. I., (2015), Strategies to Reduce Drought Vulnerability with Special Emphasis on Coping Strategies of the Poor: Sub–Saharan Semi-arid area, Western Sudan, International Conference on Integrated Drought Management: Lessons for Sub-Saharan Africa, At: Pretoria, South Africa.**

۲۵- **Feng, G., (2014), Monitoring drought intensity in Illinois with a combined index, AM Degree of Geography and Environmental Resources, In the Graduate School Southern Illinois University.**

۲۶- **Hasanalibeyk, M., RomanKhan, M., Shahzada, A., (2020), Assessing Meteorological and Agricultural Drought in Chitral Kabul River Basin Using Multiple Drought Indices. Journals Remote Sensing. 9: 1417-1422.**

۲۷- **Kogan, F. N., (1997), Global Drought Watch from Space, National Oceanic and Atmospheric Administration/National Environmental Satellite Data and Information Service, Camp Springs, Maryland, 4:621-636.**

۲۸- **Koprowska, S., (2022), Drought: A Common Environmental Disaster, Atmosphere, 13:111-120.**

۲۹- **Mckee, T.B., Doesken, N.J and Kleist, J., (1993), The relationship of drought frequency and duration to time scales, 8th conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA.176-184.**

۳۰- **Panda, A., Sahoo, N., Panigrahi, B., Mohan Das, D., (2020), Drought Assessment using Standardized Precipitation Index and Normalized Difference Vegetation Index, nt. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 9(7): 1125-1136.**

۳۱- **Richard, R., Heim, j., (2002), A Review of twentieth century drought lihices used in the united states, American Meteorological society, 1149-1165.**

۳۲- **Salakpi, F., (2021), Forecasting Vegetation Condition in Pastoral Communities for Disaster Prevention, Ph.D Degree of Philosophy, University of Sussex.**

۳۳- **Silva, V. P. R. (2003), climate variability in northeast Brazil, Journal of Arid Environment, 54: In press.**

۳۴- **Wang, F., Yang, H., Zhao,Y., Li, Z., Wu, J., (2018), Capability of Remotely Sensed Drought Indices for Representing the Spatio–Temporal Variations of the Meteorological Droughts in the Yellow River Basin, Journals Remote Sensing, 11: 1834-1844.**

۳۵- **Yasa, I., Setiawan, A.H., Negara, J., Saidah, H., (2023), Sebaran kekeringan hidrologi berdasarkan debit aliran di kabupaten bima, Ganec Swara, 17: 72-90.**