بررسی خشکسالی و پهنه‌بندی آن در استان خوزستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد(SPI) و نگاهی به مدیریت بحران

ارائه دهنده مقاله: سارا بنی نعیمه[1]

سارا بنی نعیمه[1]، حسن طرفی[2]، احمد محمدزاده[3]، فرانک کسایی[4]

amiri.sara63@gmail.com

چکیده

امروزه خشکسالی به مساله‌ای جهانی تبدیل شده است. خشکسالی یک پدیده ناخوشایند طبیعی است که هواشناسان آن را بارش کمتر از حد معمول که منجر به تغییر الگوی آب و هوایی می گردد، تعریف کرده‌اند. پدیده خشکسالی از منظر پژوهشگران و تحلیلگران زیست محیطی در سراسر دنیا و به خصوص در کشور ما به خاطر شرایط خاص و آب و هوایی و کم آبی امری مهم می‌باشد. خشکسالی را می‌توان به عنوان پدیده‌ای معرفی کرد که علاوه بر جای گذاشتن خسارات فراوان خطر وقوع آن نیز در کلیه نقاط جهان وجود داشته باشد. امکان جلوگیری از وقوع پدیده خشکسالی وجود ندارد اما می‌توان با انجام اقدامات موثر از خطرات این پدیده کاست. با توجه به وجود کمبود آب در ایران ضرورت مدلسازی خطر خشکسالی‌ها با توجه به شرایط اقلیمی و محیطی کشور امری ضروری و اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. مطالعات، آزمایش‌ها و مدلسازی‌های بسیاری برای آشکار نمودن ابعاد گوناگون این پدیده در تمامی نقاط جهان و ایران صورت گرفته و در آینده نیز انجام می‌گیرد. برای کاهش اثر این پدیده مدیریت بحران قبل از وقوع، یکی از راهکارهایی است که می توان وضع نمود. تحقیق حاضر در استان خوزستان و برای بررسی خصوصیات خشکسالی و پهنه بندی آن در سطح استان انجام شده است. با جمع آوری داده‌های هواشناسی در استان خوزستان طی دوره آماری ۳۷ساله (۱۳۹۰-۱۳۵۹) به روش آماری و با استفاده از نرم افزارهای آماری به آزمون دوره آماری و بازسازی داده‌ها پرداخته شد. جهت ترسیم نقشه های همباران از نرم افزار Arc GIS استفاده شد. سپس به تحلیل الگوهای بارش و اثر آن بر خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد SPI اقدام گردید.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، پهنه بندی، استان خوزستان، شاخص بارش استاندارد(SPI)، مدیریت بحران

---

[1]- کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی- سازمان آب و برق خوزستان
۲-کارشناس ارشد سیستم های اطلاعات جغرافیایی و GIS - سازمان آب و برق خوزستان
۳- کارشناس ارشد منابع آب- سازمان آب و برق خوزستان
۴-رئیس گروه بانک اطلاعاتی مطالعات منابع آب- سازمان آب و برق خوزستان

مقدمه

خشکسالی در زمینه های مختلف ، هم به طور مستقیم و هم به طور غیر مستقیم اثرهای زیان‌بخشی وارد می‌آورد. مهمترین اثر مستقیم خشکسالی، بر منابع آبی هر منطقه است. با کم شدن بارندگی یا فقدان آن برای یک مدت طولانی در سال(خشکسالی) مراتع، جنگل‌ها، مزارع و باغ‌هایی که منابع آبی آنها ریزش‌های جوی است، و نیز خاک و دیگر منابع طبیعی به طور مستقیم زیان می‌بینند. چون منابع آبهای سطحی و زیرزمینی را نیز ریزش های جوی تشکیل می‌دهند، بنابراین فعالیت‌ها وتاسیسات وابسته به آنها چه شهری و روستایی و چه صنعتی و غیره تحت تاثیر قرار گرفته وخسارت خواهند دید (کردوانی، ۱۳۸۰).

به دلیل اینکه بارش دارای چولگی است بهترین روش جهت پردازش داده‌های بارندگی با توزیع مختلف، انتخاب مناسب‌ترین توزیع است (حجازی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۲). شاخص SPI به یک مقدار ثابت و واریانس معنی‌دار به منظور مقایسه شاخص مزبور در ایستگاه‌های مختلف نیاز دارد. بنابراین این شاخص نسبت به موقعیت ایستگاه نرمالیزه می‌شود زیرا SPI تواتر توزیع میانگین بارندگی را محاسبه می‌کند. درنتیجه شاخص SPI توزیع مکانی و زمانی خشکسالی را در تحلیل‌های خود پوشش می‌دهد (فتاحی و صداقت‌کردار، ۱۳۸۶، ۷۷).

یکی از قدم‌های مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی در هر منطقه تعیین شاخص‌هایی است که بتوان بر اساس آنها میزان، شدت و تداوم خشکسالی را در یک منطقه ارزیابی کرد. برای مثال در امریکا شاخص شدت خشکسالی پالمر (PDSI) برای تنظیم برنامه امداد اضطراری کشاورزان در زمان وقوع خشکسالی استفاده شده و برای مطالعات اثر خشکسالی بر روی منابع آب در مناطق کوهستانی شاخص منابع آب سطحی(SWSI) تعریف گردیده است . همچنین مرکز اقلیم شناسی کلرداو و مرکز ملی مقابله با خشکسالی ایالات متحده، شاخص SPI را برای پایش خشکسالی‌های اخیر در امریکا بکار برده اند . شاخص بارش استاندارد به وسیله مکی وهمکارانش (۱۹۹۳) به منظور تعیین وپایش خشکسالی ارائه گردید. شاخص SPI یکی از مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص های پیشنهاد شده برای مطالعه خشکسالی و ترسالی است که امروزه در سطح گسترده‌ای در جهان از آن استفاده شده و مورد پذیرش بسیاری از جوامع علمی قرار گرفته است. انعطاف پذیری این شاخص در مطالعه انواع مختلف خشکسالی از مهمترین ویژگیهای این شاخص است. با استفاده از شاخص بارش استاندارد هایز و همکاران (۱۹۹۹) به بررسی خشکسالی سال ۱۹۹۶ ایالت کلرادو آمریکا پرداختند. آنها به کمک یکسری نقشه‌ها اثبات کردند که شاخص SPI قادر به تشخیص زمان شروع خشکسالی و پیشرفت آن می باشد. یزدانی و همکاران(۱۳۸۵) با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش و با استفاده از روش کریجینگ به بررسی وضعیت خشکسالی دریکی از زیر حوضه های آبخیز زاینده رود اصفهان پرداختند. این تحقیق نشان داد در منطقه مورد مطالعه ۸ سال خشکسالی متوسط تا ضعیف به وقوع پیوسته و در سال ۱۳۶۳ بیشترین مساحت خشکسالی دیده شده است. تحقیق حاضر با هدف بررسی خشکسالی و تعیین پهنه های شدت و تداوم خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی SPI و پهنه بندی آن در سطح استان خوزستان و نگاهی به مدیریت بحران در استان انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا از آمار ۳۷ ساله متوسط بارندگی ایستگاههای وزارت نیرو استفاده شد که با استفاده از روش نسبت نرمال سال‌هایی که دارای نواقص بودند مورد بازسازی قرار گرفتند و پس از آن کنترل صحت و همگنی بر روی داده‌ها انجام پذیرفت. برای استخراج مقادیر شدت خشکسالی و ترسالی از روش شاخص بارش استاندارد (SPI) استفاده گردید و چون داده‌ها در این روش نرمال هستند لذا مقادیر مثبت SPI به عنوان ترسالی و مقادیر منفی به عنوان خشکسالی در نظر گرفته شد(مکی و دیگران، ۱۹۹۳).

شاخص SPI یکی از مناسب ترین و کاربردی ترین شاخص های پیشنهاد شده برای مطالعه خشکسالی و ترسالی است که امروزه در سطح گسترده ای در سطح جهان مورد استفاده قرار می گیرد و مورد پذیرش بسیاری از جوامع علمی قرار گرفته است. انعطاف پذیری این شاخص در مطالعه انواع مختلف خشکسالی از مهمترین ویژگیهای این شاخص است.

طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می یابد که SPI مثبت گردد. برای محاسبه این شاخص از رابطه (۱) استفاده می گردد (اختری و همکاران، ۱۳۸۴).

$$SPI_n = \frac{\left[P_0 + \sum(p_{-i}) - \mu_n\right]}{\delta_n} \qquad (۱)$$

جدول (۱): درجه‌بندی شدت و احتمال وقوع شاخص SPI (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳، ۱۷۹)

توصیف رخداد	حدود SPI
فرا مرطوب	بزرگتر یا مساوی ۲
بسیار مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
نسبتا مرطوب	۱ تا ۱/۴۹
تقریبا نرمال	۰ تا ۰/۹۹
تقریبا نرمال	۰ تا ۰/۹۹-
نسبتا خشک	۱- تا ۱/۴۹-
بسیار خشک	۱/۵- تا ۱/۹۹-
فرا خشک	کوچکتر یا مساوی ۲-

شکل(۱): موقعیت ایستگاههای بارانسنجی استان خوزستان

بحث

میزان بارش در ایستگاه های مختلف:

براساس شاخص معرفی شده و با کمک ابزارهای آمار توصیفی، اطلاعات بارش در ایستگاه ها گزارش می شود.

جدول(۲):نتایج حاصل از وضعیت رخداد تکرار و وقوع خشکسالی در ایستگاه‌های منتخب استان خوزستان

نام ایستگاه	رخداد	فرا مرطوب	بسیار مرطوب	نسبتا مرطوب	تقریبا نرمال	نسبتا خشک	بسیار خشک	فرا خشک	جمع
اهواز	تکرار	۲	۱	۳	۲۵	۴	۱	۱	۳۷
	وقوع	۵.۴	۲.۷	۸.۱	۶۷.۶	۱۰.۸	۲.۷	۲.۷	۱۰۰
عرب اسد	تکرار	۲	0	1	29	4	1	0	۳۷
	وقوع	5.4	0	2.7	78.38	10.8	2.7	0	۱۰۰
باغملک	تکرار	1	2	4	22	6	2	0	۳۷
	وقوع	2.7	5.4	10.81	59.459	16.22	5.4	0	۱۰۰
بهبهان	تکرار	2	0	3	24	6	2	0	۳۷
	وقوع	5.4	0	8.108	64.86	16.216	5.4	0	۱۰۰
چم نظام	تکرار	1	2	3	25	6	0	0	۳۷
	وقوع	2.7	5.4	8.108	67.567	16.216	0	0	۱۰۰
دهملا	تکرار	2	1	1	27	2	4	0	37
	وقوع	5.4	2.7	2.7	72.97	5.4	10.81	0	100
هفتکل	تکرار	0	1	5	23	4	3	1	37
	وقوع	0	2.7	13.51	62.162	10.81	8.108	2.7	100
هفت تپه	تکرار	2	1	1	26	5	2	0	37
	وقوع	5.4	2.7	2.7	70.27	13.51	5.4	0	100
حمیدیه	تکرار	2	0	4	23	5	3	0	37
	وقوع	5.4	0	10.81	62.16	13.51	8.108	0	100
هندیجان	تکرار	3	1	1	27	4	1	0	37
	وقوع	8.108	2.7	2.7	72.97	10.8	2.7	0	100
ایذه	تکرار	1	1	7	23	3	2	0	37
	وقوع	2.7	2.7	18.91	62.16	8.108	5.4	0	100
ماهشهر	تکرار	3	0	1	30	2	1	0	37
	وقوع	8.1	0	2.7	81.08	5.4	2.7	0	100
مال آقا	تکرار	2	1	3	25	5	1	0	37
	وقوع	5.4	2.7	8.1	67.57	13.5	2.7	0	100
ملاثانی	تکرار	1	2	3	24	5	2	0	37
	وقوع	2.7	5.4	8.1	64.86	13.51	5.4	0	100
پای پل	تکرار	1	2	1	25	7	1	0	37
	وقوع	2.7	5.4	2.7	67.57	18.92	2.7	0	100
سد دز	تکرار	1	1	2	27	4	2	0	37
	وقوع	2.7	2.7	5.4	72.97	10.8	5.4	0	100
شوش	تکرار	2	1	1	26	6	1	0	37
	وقوع	5.4	2.7	2.7	70.27	16.21	2.7	0	100
سوسن	تکرار	1	1	8	20	5	2	0	37
	وقوع	2.7	2.7	21.62	54.05	13.51	5.4	0	100
مشراگه	تکرار	1	1	2	30	3	0	0	37
	وقوع	2.7	2.7	5.4	81.1	8.1	0	0	100

نتایج حاصل از بررسی وضعیتهای متفاوت رخداد خشکسالی و همچنین فراوانی زمانی حداکثر خشکسالی و ترسالی در استان خوزستان به صورت جدول زیر می باشد. همانگونه که مشاهده می گردد ایستگاه عرب اسد با مقدار ۳/۲۳ که درسال آبی ۷۲-۷۱ به وقوع پیوسته، مرطوب ترین و ایستگاه هفتکل با مقدار ۲/۵- که در سال ۸۳-۸۲ رخ داده است خشک ترین ایستگاه می باشد.

جدول(۲): نتایج حاصل از وضعیتهای متفاوت شاخص SPI و همچنین فراوانی زمانی حداکثر خشکسالی و ترسالی

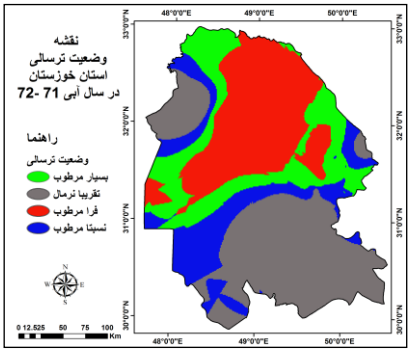
ایستگاه	حداکثر ترسالی	سال وقوع	حداکثر خشکسالی	سال وقوع
حمیدیه	3.16	54-55	-1.62	85-86
اهواز	4.16	71-72	-1.52	81-82
هندیجان	2.41	54-55	-1.56	86-87
عرب اسد	3.16	54-55	-1.66	78-79
ایذه	2.43	54-55	-1.62	89-90
بارانگرد	2.15	54-55	-1.77	72-73
بهبهان	2.66	73-74	-1.74	87-88
ماهشهر	2.47	54-55	-1.86	86-87
چم نظام	1.99	83-84	-1.86	86-87
مشراگه	2.54	54-55	-1.94	89-90
ملاثانی	2.26	54-55	-1.83	87-88
دهملا	2.70	54-55	-1.83	86-87
سد دز	2.173	84-85	-1.89	86-87
شوش	2.66	76-77	-2.09	87-88
هفت تپه	2.48	76-77	-1.64	62-63
هفتکل	1.71	71-72	-2.50	82-83
مال آقا	2.23	54-55	-1.70	78-79
پای پل	2.01	71-72	-1.65	89-90
سوسن	3.98	53-54	-1.38	77-78

جهت پهنه بندی وضعیت خشکسالی از سال‌های نماینده برای حداکثر و حداقل شاخص SPI استفاده شد. ابتدا فراوانی سالیانه حداکثر و حداقل مقدار شاخص در ایستگاه‌ها محاسبه و ۲ مورد از سالهای با بیشترین فراوانی برای حداکثر و ۲ مورد برای حداقل انتخاب گردید. سپس نقشه پهنه بندی سالهای نمونه با استفاده از روش میانیابی با مدل کریجینگ و براساس مقدار SPI تمامی ایستگاه ها در سال نمونه ترسیم گردید. نقشه حاصله براساس جدول درجه‌بندی شدت و احتمال وقوع شاخص SPI (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳، ۱۷۹) طبقه بندی شد.

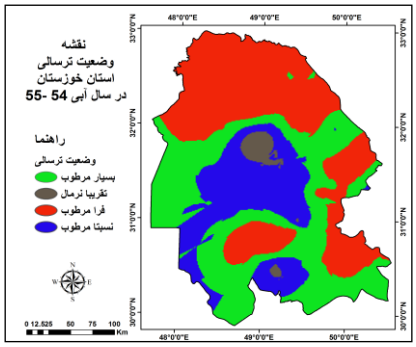
جدول (۳): فراوانی سالیانه حداکثر و حداقل شاخص SPI در استان خوزستان

سال وقوع حداکثر ترسالی	فراوانی		سال وقوع حداکثر خشکسالی	فراوانی	
	تعداد	درصد		تعداد	درصد
۵۳-۵۴	۲	4.26	۶۲-۶۳	۱	2.13
۵۴-۵۵	۱۷	36.17	۶۷-۶۸	۱	2.13
۵۵-۵۶	۱	2.13	۷۲-۷۳	۶	12.77
۵۶-۵۷	۱	2.13	۷۵-۷۶	۱	2.13
۶۰-۶۱	۱	2.13	۷۷-۷۸	۱	2.13
۶۶-۶۷	۱	2.13	۷۸-۷۹	۶	12.77
۷۱-۷۲	۱۱	23.40	۸۱-۸۲	۲	4.26
۷۳-۷۴	۳	6.38	۸۲-۸۳	۱	2.13
۷۵-۷۶	۱	2.13	۸۴-۸۵	۱	2.13
۷۶-۷۷	۴	8.51	۸۵-۸۶	۲	4.26
۸۰-۸۱	۳	6.38	۸۶-۸۷	۱۴	29.79
۸۳-۸۴	۱	2.13	۸۷-۸۸	۷	14.89
۸۴-۸۵	۱	2.13	۸۹-۹۰	۴	8.51

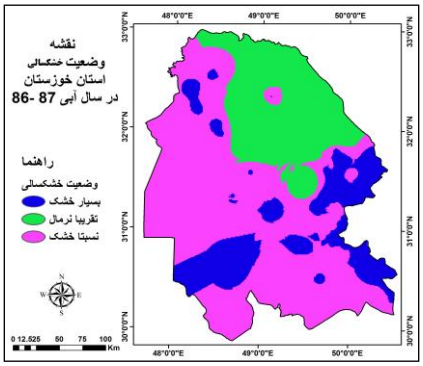
نتایج جدول فوق نشان می دهد که سال های آبی ۵۵-۵۴ و ۷۲-۷۱ به ترتیب با ۱۷ و ۱۱ مورد، بیشترین فراوانی وقوع حداکثر ترسالی را به خود اختصاص داده اند. در نتیجه به عنوان سالهای نماینده جهت ترسیم نقشه پهنه بندی ترسالی انتخاب شدند. در مقابل سال های آبی ۸۷-۸۶ و ۸۸-۸۷ به ترتیب با ۱۴ و ۷ مورد، بالاترین فراوانی وقوع حداکثر خشکسالی را شامل شده و به عنوان سال های نماینده جهت ترسیم نقشه پهنه بندی خشکسالی انتخاب شدند. نتایج حاصل از ترسیم نقشه پهنه بندی استان خوزستان به لحاظ مقادیر SPI سالهای نمونه به صورت اشکال و جداول زیر می باشد.



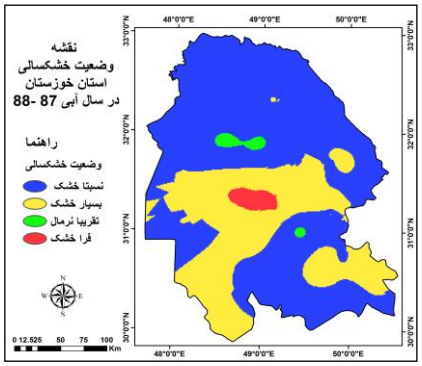
شکل (۲): نقشه وضعیت ترسالی استان خوزستان درسال آبی ۷۲-۷۱



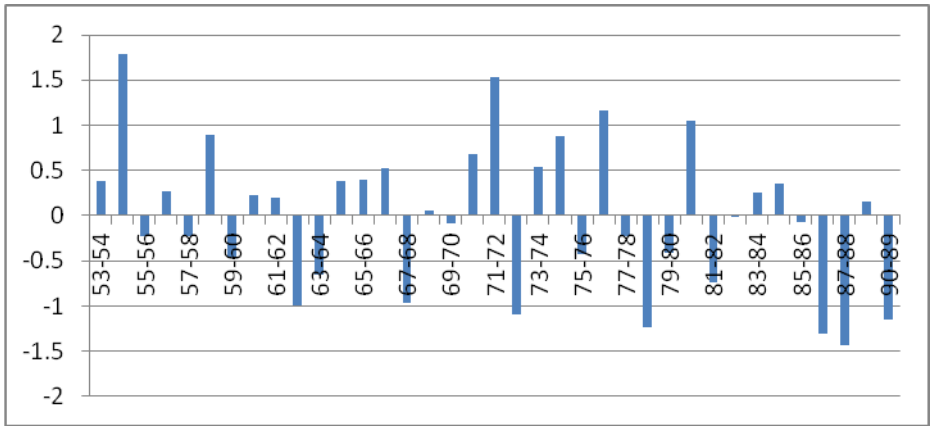
شکل (۳): نقشه وضعیت ترسالی استان خوزستان درسال آبی ۷۲-۷۱



شکل (۴): نقشه وضعیت خشکسالی استان خوزستان درسال آبی ۸۷-۸۶



شکل (۵): نقشه وضعیت خشکسالی استان خوزستان درسال آبی ۸۸-۸۷



نمودار (۱): وضعیت خشکسالی وترسالی استان خوزستان براساس شاخص SPI درطول دوره آماری ۹۰-۱۳۵۳

نتیجه گیری:

به طور کلی خشکسالی پدیده ای پیچیده و چند جانبه است که در گام های زمانی مختلف به وقوع پیوسته و مناطق وسیعی را تحت تاثیر قرار می دهد. خصوصیات خشکسالی باعث شده که سوالات و ابهامات زیادی در زمینه پایش و ارزیابی این پدیده پیش روی محققان قرار. لزوم آمادگی برای مقابله با این پدیده و عبور از آن به طوری که حداقل خسارات اقتصادی و اجتماعی را به همراه داشته باشد مهمترین پیامی است که از این واقعه قابل عبرت می باشد و این مهم جز با تدوین طرح های مقابله با خشکسالی امکانپذیر نخواهد بود. در راستای طرح های مقابله با خشکسالی و مدیریت فعال آن از ضروری‌ترین ابزار، طراحی سیستم های پایش خشکسالی می باشد که چنین سیستم هایی با استفاده از شاخص های خشکسالی طراحی می گردند.

وضعیت خشکسالی و ترسالی استان خوزستان بر اساس شاخص SPI درطول دوره آماری ۵۳-۹۰ در مجموع سه ترسالی و سه خشکسالی قابل ملاحظه در استان خوزستان اتفاق افتاده است. شدیدترین ترسالی در سال آبی ۵۵-۵۴ روی داده است که در این سال تقریبا تمامی استان دارای بارشی بیش از نرمال بوده اند و در برخی مناطق خصوصا در نواحی شرقی و مرکزی فرامرطوب بوده است. اما درباره خشکسالی ها اولا سالهای خشک استان از نیمه دوره آماری تا بحال دیده می شود و هر چه به انتهای دوره نزدیک می شویم هم شدت خشکسالی ها افزایش می یابد و هم وقوع آنها بیشتر می شود بطوریکه سال آبی ۸۸-۸۷ به عنوان خشک ترین سال دیده می شود کما اینکه سال قبل از آن نیز یکی از خشک ترین سالها را بخود دیده است و دیگر این که دوسال پی در پی استان دچار خشکسالی گردید خطرناکتر از تک سالهایی است که در سالهای گذشته اتفاق افتاده است. ملموس ترین اثرات خشکسالی‌های پی در پی را در وضعیت منابع آب سطحی وزیر زمینی می توان دید. افت شدید سطح آبهای زیرزمینی و کاهش حجم آب پشت سدها از پیامدهای این خشکسالی ها می باشند. شدیدترین خشکسالی در مرکز استان در سال آبی ۸۸-۸۷ روی داده است. براساس نمودار هر ۵ یا ۶ سال یکبار احتمال وقوع خشکسالی دراستان وجود دارد.

نتایج بدست آمده از این تحقیق، حاکی از آن است که ایجاد یک نظام کارآمد مدیریت بحران در کنار نظام موجود، در کشور نه تنها در عملکرد بهتر صنایع وابسته به بخش های کشاورزی اختلالی ایجاد نمی کند بلکه هم لازم است و هم ضروریست.

به رغم وجود رهنمود های لازم در زمینه فعالیت های مدیریت بحران توجیه پذیر با اصول زیست شناسی، دانشمندان هم چنان دچار اختلاف دیدگاه هستند؛ از این منظر که چگونه می تون اثرات منفی خشکسالی را کنترل کرد و کاهش داد بعضی از آنها ایده جلوگیری از خشکسالی را کاملا رد می کنند و گروه دیگر تنها با بخش هایی از آن مخالفند. گروه مخالف ایده جلوگیری از خشکسالی که همچنان بر نظر خود پافشاری می کنند، تلاشی برای ارائه الگویی جایگزین و توجیه پذیر با اصول زیست محیطی نکرده اند. از آنجا که تغییر اقلیم نقش مهمی در تامین منافع زیست محیطی کشور، خصوصا تامین امنیت اقتصادی آنها در برابر خطرات غیر قابل پیش بینی، ایفا می کند، مخالفان ممکن است با فعالیت های مدیریت بحران در چارچوب نظام متداول مخالفت کنند. اما در عین حال باید به طوری جدی در جستجوی راه حلی جایگزین برای ذینفعان امروز این حوزه، و خصوصا راهکاری برای تامین امنیت اقتصادی آنها در برابر خطر بود.

بنابراین پیشنهاد می شود که دانشمندان و محققانی که بدون ارائه هر گونه راه حل احتمالی به مخالفت با ایده مدیریت بحران در این حوزه می پردازند، با استفاده از مهارت ها و دانش خود الگو ی مناسبی برای کنترل اثرات منفی در این حوزه ارائه دهند که با اصول زیست محیطی و اقتصادی توجیه پذیر باشد. و اگر قادر به انجام چنین کاری نیستند، حداقل با گروه هایی که در تلاش برای دستیابی به الگویی فراگیر و متناسب با شرایط امروز هستند، همکاری کرده و تا حد امکان از آنها حمایت کنند.

همچنین به رغم نقش حیاتی این حوضه، خصوصا در زندگی اقتصادی روزمره، منابع و تحقیقات اندکی به آن اختصاص یافته است، حال آن که وجود چنین منابعی در افزایش میزان آگاهی مردم بسیار موثر خواهد بود.

تشکر و قدر دانی

از سازمان آب و برق خوزستان و معاونت مطالعات پایه و منابع آب و دفتر تحقیقات و استانداردهای شبکه های ابیاری و زهکشی برای تهیه این مقاله تشکر و تقدیر به عمل می آید.

منابع

۱. آمار بارندگی متوسط ماهیانه استان خوزستان ، سازمان آب و برق خوزستان .
۲. ارسطو، ب.، ۱۳۷۹، بررسی و پیش بینی خشکسالی های اقلیمی با استفاده از تحلیل سریهای زمانی (ایستگاه های منتخب استان سمنان)، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان، دانشگاه باهنر، اسفندماه، جلد دوم.
۳. فریفته، جمشید، (۱۳۶۶). سیستم های طبقه بندی اقلیمی، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، انتشارات دانشگاه تهران.
۴. درویش زاده، علی، (۱۳۷۰). زمین شناسی ایران، نشر دانش امروز (امیرکبیر).
۵. نیک کارتر، دبلیو، ترجمه مرکز مطالعات و پژوهش ارتش بیست میلیونی، مدیریت سوانح و حوادث غیر مترقبه ،تهران،۱۳۷۳.
۶. کاویانی، محمدرضا، (۱۳۷۴). توربین های بادی و ارزیابی پتانسیل انرژی باد در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۶.
۷. فرجزاده اصل، منوچهر، (۱۳۷۴)، «تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی در ایران»، رساله‌ی دکتری دانشگاه تربیت مدرس.
۸. نیوار، مجله علمی و فنی سازمان هواشناسی کشور؛ افزایش غلظت گازکربنیک در اتمسفر و اثرات آن بر فعالیت‌های کشاورزی ؛ شماره ۳۱، پاییز ۱۳۷۵.
۹. خوش‌اخلاق، فرامرز، (۱۳۷۷)، «تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل سینوپتیکی»، رساله‌ی دکتری، دانشگاه تبریز.
۱۰. مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۷۷)، بررسی نظام تغییرات زمانی مکانی بارش در ایران، پایان نامه دوره دکتری، دانشگاه اصفهان.
۱۱. مهدوی، م.، ۱۳۷۹. هیدرولوژی عمومی. موسسه فرهنگی و انتشاراتی آیه. ۲۵۲ص.
۱۲. کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول، (۱۳۷۹). مبانی آب و هواشناسی، چاپ هفتم، تهران، انتشارات سمت.
۱۳. کردوانی ، پرویز (۱۳۸۰) : خشکسالی وراههای مقابله با آن در ایران ، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۴. علیجانی، بهلول، (۱۳۷۹). آب و هوای ایران، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه پیام نور.
۱۵. بذر افشان، ج.، ۱۳۷۹، بارش روزانه نگرشی تازه بر روند روزانه خشکسالی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، کرمان، دانشگاه باهنر، اسفندماه، جلد دوم.
۱۶. حجازی زاده، ز.، و همکاران، (۱۳۸۲)، پایش خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده، نشریه علوم جغرافیایی، تهران، دانشگاه تربیت معلم تهران، شماره ۱.
۱۷. علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا، (۱۳۸۲). مبانی آب و هواشناسی، چاپ دوم، انتشارات سمت.
۱۸. کردوانی، پرویز، (۱۳۸۳). منابع و مسائل آب در ایران (آب های سطحی و زیرزمینی و مسائل بهره برداری از آن ها)، جلد اول، چاپ هفتم، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۹. لشنی زند، مهران، (۱۳۸۳)، بررسی اقلیمی خشکسالی های ایران و راهکارهای مقابله با آن، پایان نامه دوره دکتری، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیا.
۲۰. فرجزاده اصل، منوچهر، (۱۳۸۴)، خشکسالی از مفهوم تا راهکارها، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
۲۱. آقانباتی، علی، (۱۳۸۵). پهنه بندی رسوبی- ساختاری عمده ی ایران (کارت پستال)، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۲۲. فرهنگ جغرافیایی آبادی های استان خوزستان (شهرستان اهواز)، (۱۳۸۵). جلد اول، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح.
۲۳. کارآموز، محمد، (۱۳۸۶)، مدیریت جامع خشکسالی در حوزه های آبریز، دانشکده فنی مهندسی تهران
۲۴. شکیبا، علیرضا، ۱۳۸۸، تحلیل روند تغییرات دمایی شهرستان اهواز بر اساس شاخص های حدی، فصل نامه چشم انداز جغرافیایی، سال چهارم، شماره هشتم.
۲۵. چنگلوائی، کیخسرو، (۱۳۸۸). ضرورت احداث زهکش های زیرزمینی در استان خوزستان، ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست.
۲۶. جغرافیای استان خوزستان، (۱۳۸۹). چاپ یازدهم، انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران.
27. Aggnew, P.K., and Karla , N.1994. Analyzing the limitation by climatic factors, fenotype, water and nitrogen of wheat II. Field Crops Research 38:93-103.
28. Andarzian, B. 2008. Study of suitable time planting at forbid of decrease in wealth in effect of heating and humid stress. Agricultural and Natural Resourse of Khozestan, Ahwaz, Iran 20 pp. (In Persin)
29. Anonymous, 2008. Study of Karoon Agrology. Pwer Ministry, Water and Electronic Organization, Khozestan 148 pp. (In Persian)

30. Anoymous, 1985.Ptential food production increasesfrom fertilizer aid: a case sfudy of Burkina Faso, Ghana and Kenya, Center for Word Food Studies, Wageningen 113 pp.
31. model and WOFOST control center.
32. Mackee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993, the relation of drought frequency and duration to time scales, preprints, 8th conference on applied climatology, 17-22 January Anaheim, CA, PP 179-184.
33. Hayes, M.J., Svoboda,M.D., Wilhite,D.M. and Vanyarkno, D.V. (1999):Monitoring the 1996 Drought using the standardized precipitation index, Bulletin of the American meteorological society, vol.80, No3.,pp.43g.
34. - Mckee, T.B., Doesken, N.J. & Kleist, J., 1993, The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time scale, 8th Conference On Applied Climatology, Anaheim, CA, American Meteorological Society, pp: 179-184.