

## مدل سازی ارزیابی تخریب زمین و ارائه سیستم هشدار اولیه بیابانزایی

غلامرضا راهداری<sup>1</sup>، علی اکبر فخریه<sup>2</sup>، علی رضا شهریاری<sup>2</sup>، حسن خسروی<sup>3</sup>، محمدرضا راهداری<sup>4</sup>

<sup>1</sup> کارشناس ارشد، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری سیستان و بلوچستان، سازمان جنگل ها- مراتع و آبخیزداری

<sup>2</sup> دانشیار، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل

<sup>3</sup> استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پست الکترونیک نویسنده مسئول:

hakhosravi@ut.ac.ir

<sup>4</sup> دانشجوی دکتری بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: 1393/11/15

تاریخ دریافت: 1393/8/10

### چکیده

تخریب زمین در مناطق خشک به عنوان پدیده ای فیزیکی-زیستی و اقتصادی-اجتماعی شناخته شده است و در نهایت، منجر به کاهش حاصلخیزی خاک می شود. فرایندهای متعددی باعث ایجاد این پدیده می شود که یکی از آنها بیابانزایی است. در این تحقیق، نخست روند بیابانزایی با استفاده از مدل IMDPA در یک دوره ده ساله در بیابان های ساحلی جنوب شرق ایران مورد مطالعه قرار گرفت و سپس با تعیین حدود آستانه ای برای هریک از شاخص های مورد مطالعه، سیستم هشدار اولیه بیابانزایی (D-EWSS) ارائه شد. از نتایج به دست آمده از نقشه های محدوده هشدار در معیار اقلیم، می توان چنین بیان کرد که منطقه مورد مطالعه در یک روند غیرخطی برای عبور از آستانه ها قرار داشته است، به طوری که بازه زمانی 1381-1384 منطقه از حدود آستانه ای عبور کرده و در محدوده هشدار قرار گرفته و بعد از آن روندی صعودی را طی کرده است. باید اشاره کرد که نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل معیار آب نیز نشان دهنده این موضوع بود که در بازه زمانی 1381-1383 از نظر شاخص سطح نوسانات سفره روندی صعودی را در ابتدا داشته و در طول سال های 1384-1385 روند سطح سفره به طور شگفت انگیزی افزایش یافته، اما در نهایت با توجه به بهبودی بارش در سال 1386، این موضوع از شدت خود کاسته است.

واژه های کلیدی: ارزیابی، تخریب زمین، بیابانزایی، سیستم هشدار اولیه، IMDPA.

## مقدمه

یک فرایند اجتماعی برای تولید حداکثر اطلاعات دقیق در مورد حوادث احتمالی در آینده است». یک سیستم هشدار اولیه یک سیستم یکپارچه برای نظارت، جمع آوری، تجزیه و تحلیل، و تفسیر و انتقال داده‌ها که بعد از آن می‌تواند برای تصمیم‌گیری در جهت حفاظت سلامت جامعه و محیط زیست و به حداقل رساندن نگرانی‌ها و ناراحتی‌های جامعه مورد استفاده قرار بگیرد (یواس‌ای‌پی‌ای<sup>6</sup>، 2005).

ساختار و عملکرد یک سیستم هشدار از یک نوع تا نوع دیگر و همچنین از یک سیستم اجتماعی-اقتصادی-سیاسی تا دیگری بسیار متفاوت است. آن‌ها می‌توانند از یک سیستم ساده تا پیچیده که شامل چندین نوع خطر است، تقسیم‌بندی شوند. نکته قابل توجه در اینجا این است که این سیستم‌های هشدار برای نیازهای جامعه و گروه‌های منطقه‌ای که نسبت به نگرانی‌ها در معرض خطرند، مناسب باشد. ویژگی‌های یک EWSs شامل استمرار در عملکرد، هشدارهای به موقع، شفافیت، یکپارچگی، انعطاف‌پذیری و غیرسیاسی بودن هستند. موثرترین سیستم‌های هشدار زیر سیستم‌های حوادث شدید، مدیریت اطلاعات خطرناک، پاسخ‌های عمومی و همچنین برقرارکردن ارتباطات بین آن‌ها از طریق آمادگی را یکپارچه‌سازی می‌کند (میلیت<sup>7</sup>، 1999). یک سیستم هشدار ایدئال در شکل 1 (فاستر<sup>8</sup>، 1980) به تصویر کشیده شده است.

باید اشاره کرد مطالعات اندکی در ارتباط با سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی در خارج و داخل کشور انجام شده و اکثر مطالعات در ارتباط با سایر مخاطرات است. تیکسیم<sup>9</sup> و همکاران (۲۰۱۰) یک سیستم هشدار اولیه را برای کمبود آب بر اساس مدل SD و با استفاده از نرم‌افزار Stella ارائه کردند و در نهایت، از نسبت عرضه و تقاضا برای پیش‌بینی عرضه و تقاضای اجتماعی-اقتصادی آب استفاده شده است و یک شبیه‌سازی برای آن تحت سناریویی از کمبود آب محقق گردید. تیموسی و لتون<sup>10</sup> (2013) در مطالعه خود یک طبقه‌بندی جدید نسبت به شوک‌های محیطی به دست آمده از سیستم‌های دینامیکی ارائه کرد و همچنین، سیستم‌های هشدار اولیه را نسبت به شوک‌های زیست محیطی به‌طور خاص در سیستم‌های اقلیمی و اکوسیستمی بررسی کرد. او همچنین سه

تخریب زمین یک فرایند جهانی است که در نهایت منجر به کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود (صلواتی<sup>1</sup>، 2011). در مناطق خشک تخریب زمین همراه با پدیده‌های شدید فیزیکی-زیستی و اقتصادی-اجتماعی می‌باشد که ممکن است به پدیده‌های غیر قابل برگشت از جمله تخریب محیط زیست تبدیل شوند (مونتانا<sup>2</sup>، 2007).

هر جامعه دارای خطراتی است که باید با آن به مقابله پرداخت. خطرات می‌توانند در مقیاس‌های زمانی کوتاه، متوسط و بلند طبقه‌بندی شوند و همچنین از پدیده‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژی، انسانی، تکنولوژی، بیولوژیکی و... ناشی شوند. اگر خطرات آهسته مورد توجه قرار نگیرند، سرانجام باعث مشکلات جدی برای محیط زیست و جامعه می‌شوند. مشکلات زیست محیطی که مردم در آن‌ها نقش دارند، عبارت‌اند از: فرسایش خاک، تخریب مرتع، جنگل‌زدایی، بیابان‌زایی، آلودگی هوا، تخریب لایه اوزون و گرم‌شدن کره زمین (جوسف<sup>3</sup> و همکاران، 2010).

باید دانست که حساسیت زمین ایستا نیست و به نظارت دائم نیاز دارد (صلواتی و زیتی<sup>4</sup>، 2009) و برخی از این تغییرات زیست محیطی به سیستم هشدار اولیه نیاز دارند. به دلیل اینکه تأثیرات تجمعی تغییرات روی جامعه و محیط زیست در طولانی مدت، بیشتر و مخرب‌تر خواهد بود، در نهایت هزینه بیشتری را تحمیل می‌کند. همچنین با توجه به مخاطرات طبیعی و انسانی از قبیل خشکسالی، سیل، جنگل‌زدایی، فرسایش، بیابان‌زایی و... نظارت و پیش‌بینی این اثرات برای کمک به کاهش اثرات مربوط بسیار مهم است و اغلب این سیستم‌ها بر تخریب زمین از طریق تولید نقشه‌های آسیب‌پذیری و هشدارهای اولیه تأکید دارد.

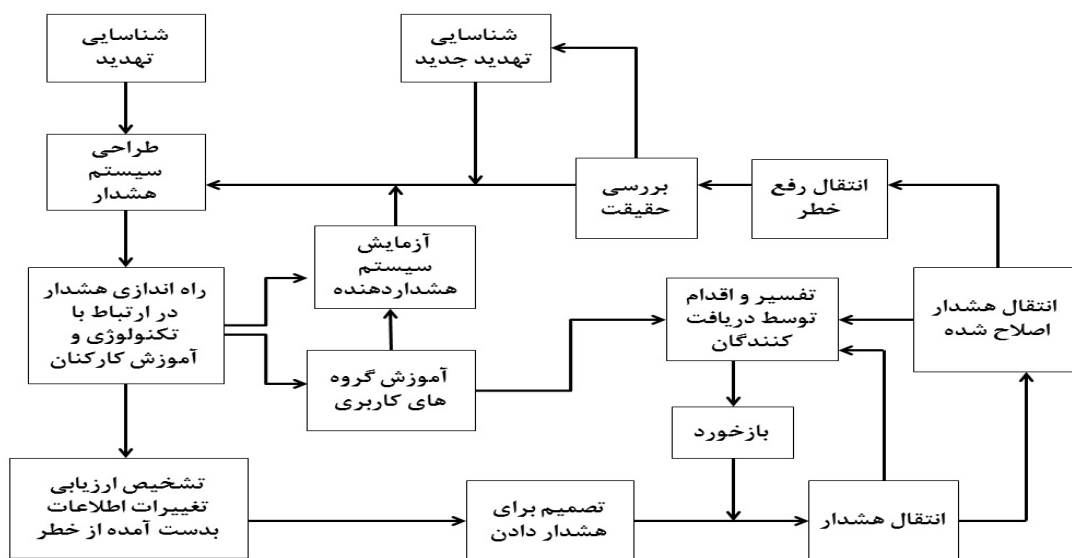
تعاریف بسیاری از سیستم‌های هشدار اولیه برای هدایت اقدامات افراد، گروه‌ها و دولت‌ها وجود دارد. تعریف رسمی سازمان ملل به این شرح است: «ارائه اطلاعات به موقع و مؤثر از طریق نهادهای شناسایی که به افراد در معرض خطر برای جلوگیری، کاهش خطر و آماده‌شدن برای پاسخ فرصت می‌دهد (ای‌اس‌دی‌ار<sup>5</sup>، 2003). بسیاری این اعتقاد را دارند که «EWSs»

6. USEPA  
7. Mileti  
8. Foster  
9. Tiexin  
10. Timothy and Lenton

1. Salvati  
2. Montanarella  
3. Joseph  
4. Salvati and Zitti  
5. USDR

یک مدل سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی در دشت کاشان با استفاده از مدل IMDPA و با نرم‌افزار GIS پرداخت. با توجه به شرایط منطقه، 8 معیار، 32 شاخص و زیر شاخص مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت، برای ارائه سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی، اطلاعات معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی (خروجی پایش)، طی یک دوره نه‌ساله (1381-1389)، به‌طور سیستماتیک جمع‌آوری و آنالیز شد و در نهایت، با توجه به معیار و شاخص‌های اثرگذار در بیابان‌زایی، برای هر شاخص آستانه قابل تحمل تعریف شد.

دسته از شوک‌های محیط زیستی را حوادث شدید، نوسانات ناگهانی و نقاط اوج ذکر کرد. مسعودی (1389) به‌منظور ارائه سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی در دشت کاشان، به مطالعه روی دو معیار آب و اقلیم پرداخت. وی با استفاده از مدل IMDPA و با نرم‌افزار GIS سیستم هشدار را در قالب دو بُعد سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تعریف کرد. پس از ارزیابی بیابان‌زایی به این نتیجه رسید که معیار آب با ارزش عددی 3/36 بیشترین تأثیر را در شدت بیابان‌زایی منطقه داشت و در کلاس شدید قرار گرفت. خسروی (1391) نیز به‌منظور ارائه



شکل (1): سیستم هشدار ایدئال (فاستر، 1980)

وارد می‌شود که در مصب ورودی آن، رویشگاه گونه حرا قرار گرفته است. تپه‌های ساحلی با ارتفاعی نزدیک به 5 متر در امتداد ساحل شکل گرفته‌اند که اکثر این تپه‌ها فعال بوده و تحرک دارند. منطقه مورد مطالعه در تابستان تحت تأثیر رژیم بارش مانسون و در زمستان و پاییز تحت تأثیر رژیم سیستماتیک است که منشأ آن دریای سرخ و مدیترانه است. بیشترین بارش منطقه در فصول پاییز و زمستان است و میانگین بارش منطقه در درازمدت برابر 98/94 میلی‌متر است. متوسط دمای منطقه 26/6 درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. میانگین رطوبت نسبی منطقه 65 درصد به‌دست آمد و میانگین سرعت باد در منطقه 6 نات و جهت باد غالب نیز جنوب‌غربی و درصد بادهای آرام نیز 40 درصد می‌باشد. در نهایت، میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل در منطقه نیز 2180/3 میلی‌متر در سال در درازمدت برآورد شده است (راه‌داری، 1391).

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بین طول جغرافیایی 2840107 تا 2828886 و عرض 733558 تا 747693 در سیستم UTM واقع شده است. این حوزه از شمال و شمال غربی به شهرستان نیک‌شهر، از جنوب غربی به محدوده جاسک استان هرمزگان، از جنوب به دریای عمان و از شرق به محدوده چابهار محدود است و 7864/5 هکتار وسعت دارد. از نظر سیاسی، منطقه بخشی از مناطق ساحلی شهرستان کنارک است که در فاصله 120 کیلومتری آن قرار گرفته است. شغل اصلی مردم این منطقه کشاورزی و صیادی است. مهم‌ترین رودخانه موجود در منطقه، رودخانه رایج است که از ارتفاعات نیک‌شهر سرچشمه می‌گیرد و بعد از طی مسافتی طولانی، در این منطقه به دریای عمان

تحقیق، سعی بر آن شد که از دو معیار اقلیم و آب استفاده شود و مهم‌ترین و اثرگذارترین شاخص‌ها برای بررسی آن‌ها انتخاب شوند.

با راه‌اندازی و استقرار سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی، معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی به‌طور سیستماتیک، جمع‌آوری و آنالیز می‌شود و نسبت به آستانه‌ها کنترل می‌شوند تا در صورت بروز هر گونه تخریب احتمالی، هشدار لازم به اطلاع بهره‌بردار و دستگاه مرتبط رسانده شود تا تصمیمات لازم را اتخاذ کرده و از تخریب اراضی جلوگیری کنند (مسعودی، 1389؛ خسروی، 1391؛ راهداری، 1391).

در این تحقیق، بعد از تفکیک منطقه روی نقشه‌های توپوگرافی، ژئومرفولوژی، زمین‌شناسی با بازدیدهای صحرایی حوزه مورد مطالعه کنترل شد و سپس از مدل IMDPA برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی و پایش بیابان‌زایی در طول دوره آماری استفاده و همچنین، برای مشخص شدن روند بیابان‌زایی در این بازه زمانی با استفاده از دو معیار آب و اقلیم بررسی شد. در این مدل، به هر شاخص مطابق نظر کارشناس و شدت تأثیر آن در بیابان‌زایی وزنی بین یک تا چهار داده شد و نحوه وزن‌دهی به‌صورت خطی و نسبت برابر بود، به‌طوری‌که ارزش یک بهترین و ارزش چهار بدترین وزن بوده است (جدول 1). در نهایت، برای هر شاخص و زیرشاخص (جدول 2 و جدول 3) با توجه به وزن‌دهی انجام‌شده آنالیزهای مربوطه انجام شد و برای هر سال، نقشه‌های رستری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. در این روش، هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های خود طبق معادله (1) و در نهایت، شدت بیابان‌زایی در منطقه طبق معادله مربوط به‌دست آمد.



شکل (2): منطقه مورد مطالعه

### روش تحقیق

براساس مفاد کنوانسیون بیابان‌زدایی کشورها ملزم به معرفی معیارهای پایش و ارزیابی و ایجاد سیستم هشدار اولیه‌اند. در این تحقیق سعی می‌شود علی‌رغم تازه بودن موضوع، روند استقرار یک سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی ارائه شود. هدف اصلی از راه‌اندازی این سیستم را می‌توان به‌نوعی، ایجاد آمادگی برای خطر و اتخاذ تصمیمات مقتضی برای کاهش اثرات و اجتناب از مواجهه با خطر دانست. هشدار سریع یکی از عوامل اصلی برای کاهش ریسک سوانح است. در شرایطی که هنوز راه‌اندازی سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی در فاز مطالعاتی/مقدماتی قرار دارد، می‌توان از معیارها و شاخص‌های روش IMDPA (احمدی، 1383) استفاده کرد. معیارها، شاخص‌ها، پایش، ارزیابی و سیستم هشدار اولیه به‌عنوان اجزای لاینفک یک سیستم جامع بیابان‌زایی به‌شمار می‌روند. با توجه به محدوده مورد مطالعه و محدودیت زمان و هزینه در این

$$\text{Index-x} = [(Layer-1) \cdot (Layer-2) \dots (Layer-n)]^{1/n} \quad (\text{معادله 1})$$

Index-x: معیارموردنظر، Layer: شاخص‌های هر معیار، n: تعداد شاخص‌های هر معیار.

جدول (1): توزیع فراوانی کلاس‌های شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی

دامنه ارزش عددی	علامت	طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی
0/01-1	1	غیر قابل ملاحظه
1/01-1/50	2	کم
1/51-2/5	3	متوسط
2/51-3/5	4	شدید
3/51-4	5	بسیار شدید

**جدول (2): وزن و کلاس شاخص های معیار اقلیم**

شاخص ارزیابی	کلاس بیابانزایی	غیر قابل ملاحظه	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
امتیاز	0/01-1	1/00-1/50	1/51-2/50	2/51-3/5	3/51-4	
بارش سالانه (میلی متر)	$\geq 600$	280- 600	150 - 280	75 - 150	< 75	
شاخص خشکی ترانسو	>0/65	0/45 - 0/65	0/2 - 0/45	0/05 - 0/2	< 0/05	
شاخص خشکسالی (کد طبقه)	7	۵,۶	4	۲,۳	1	

**جدول (3): وزن و کلاس شاخص های معیار آب**

شاخص ارزیابی	کلاس بیابانزایی	غیر قابل ملاحظه	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
امتیاز	0/01-1	1/00-1/50	1/51-2/50	2/51-3/5	3/51-4	
افت (cm/year)	0 - 10	10-20	20-30	30-50	>50	
EC ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	<500	500-750	750-2250	2250-5000	>5000	
SAR ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	<15	15-18	18-26	26-32	>32	

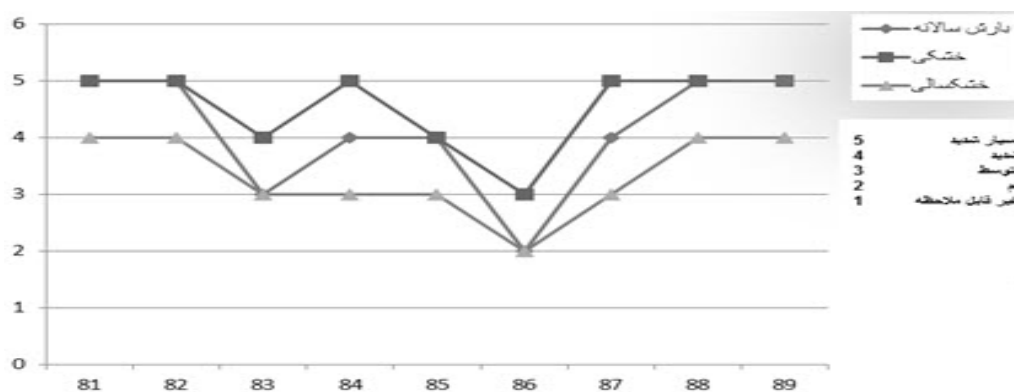
### نتایج

طولانی مدت بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل به دست آمد و در نهایت، بارش نرمال ( $SPI=0$ ) به عنوان حد آستانه شاخص خشکسالی تعیین و مقادیر منفی این شاخص به عنوان محدوده هشدار در نظر گرفته شد.

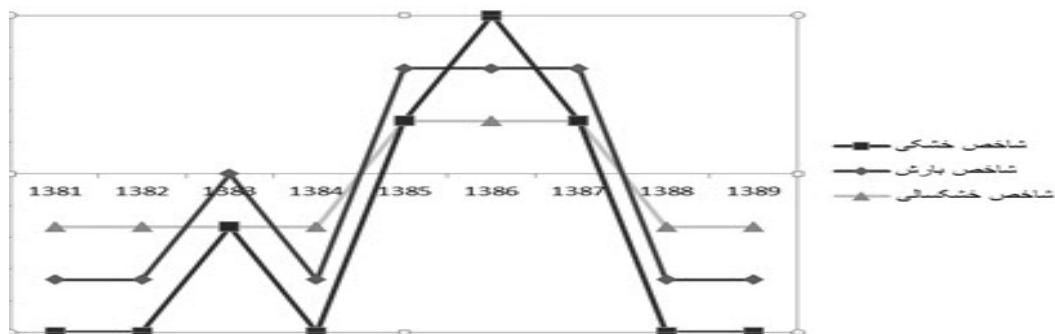
نتایج حاصل از معیار اقلیم که سه شاخص میزان بارش، شاخص خشکی و شاخص خشکسالی مورد بررسی قرار گرفته است، برای مشاهده روند بیابانزایی در منطقه در شکل 3 و برای سال های تحت هشدار در شکل 4 نشان داده شده است که براساس آن، سال هایی که در قسمت پایین قرار گرفته اند، در محدوده هشدار و سال هایی که در قسمت بالا قرار گرفته اند، خارج از محدوده هشدارند.

پس از مطالعات انجام شده روی اطلاعات به دست آمده از منطقه که نخست براساس مدل IMDPA شدت بیابانزایی در هر سال، برای هر شاخص و در نهایت برای دو معیار آب و اقلیم به دست آمد، در مرحله بعدی برای هر شاخص آستانه هایی مشخص شد و براساس آستانه ها عبور از مرحله هشدار برای هر شاخص در هر سال تعیین شد.

میانگین طولانی مدت میزان بارش منطقه (دوره آماری 45 ساله) به عنوان حد آستانه شاخص میزان بارش در نظر گرفته شد و با توجه به اینکه شاخص ترانسو از رابطه کلی  $I=P/ETP$  که P بارش سالانه و ETP مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه است، تعیین می شود. حد آستانه شاخص خشکی از میانگین



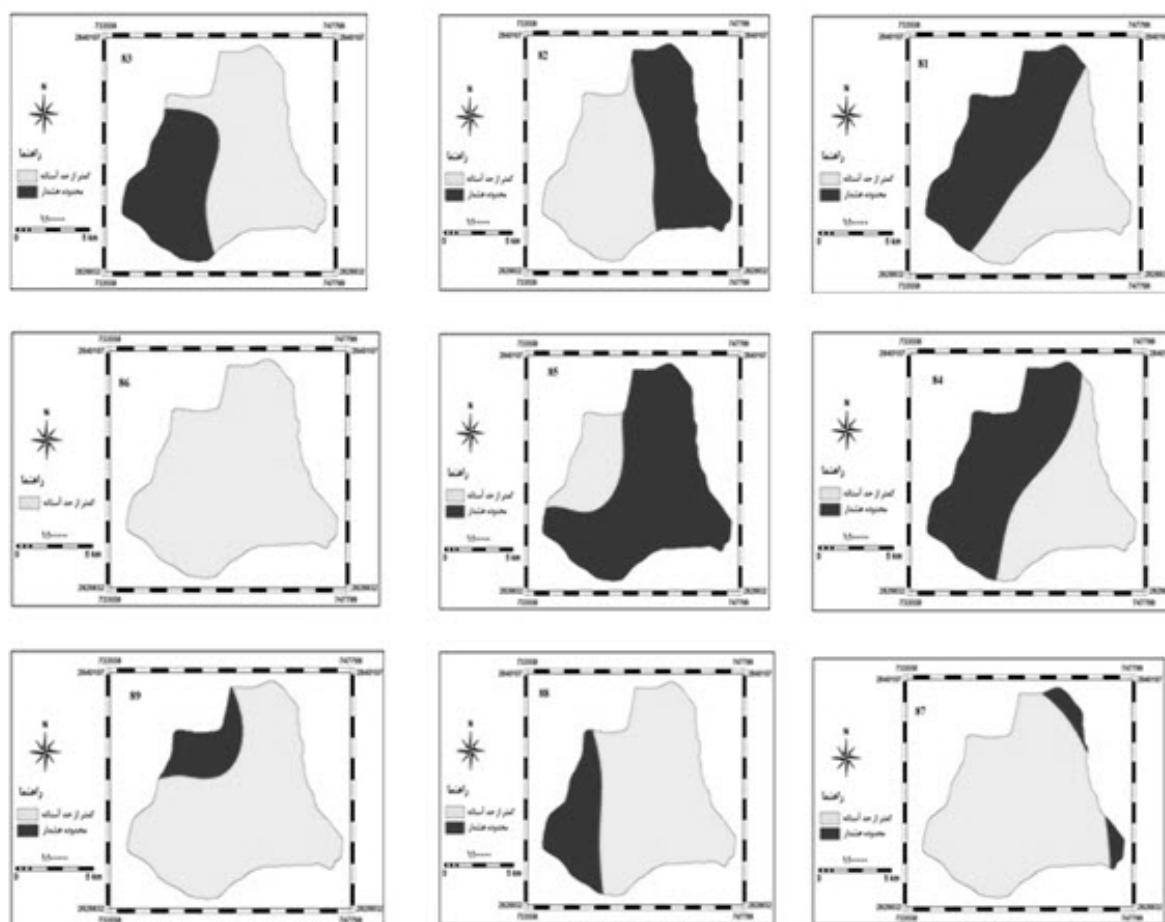
شکل (3): روند بیابانزایی با توجه به معیار اقلیم در دوره مورد مطالعه



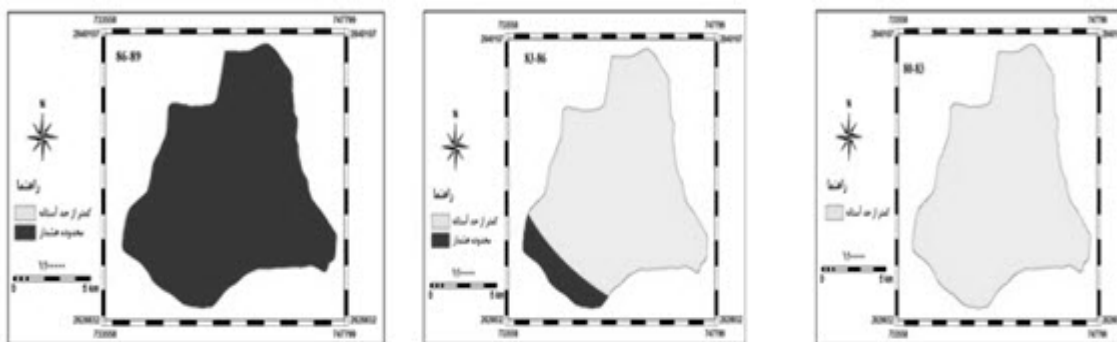
شکل (4): سال‌های تحت هشدار با توجه با معیار اقلیم در دوره مورد مطالعه

توجه به نظر کارشناسان و تحقیقات قبلی، نسبت جذب سدیم 16 میکروموس بر سانتی‌متر، به‌عنوان حد آستانه شاخص برای SAR تعیین شد. پهنه‌بندی هر یک از این موارد، با توجه به حدود آستانه و ارائه هشدار در شکل 5 و 6، به تفکیک سال مربوط و دوره مورد مطالعه آورده شده است.

با توجه به نظر کارشناسان و مطالعات قبلی، میزان افت 20 سانتی‌متر در سال، به‌عنوان حد آستانه شاخص افت سطح سفره زیرزمینی تعیین شد در ضمن با توجه به نمودار شولر (مسعودی، 1389؛ خسروی، 1391؛ راهداری، 1391) هدایت الکتریکی 2500 میکروموس بر سانتی‌متر، به‌عنوان حد آستانه شاخص هدایت الکتریکی در نظر گرفته شد و در نهایت، با



شکل (5): سال‌های تحت هشدار با توجه به شاخص افت سطح آب



شکل (6): سال‌های تحت هشدار با توجه به شاخص هدایت الکتریکی

هشدار برای دو شاخص هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم محاسبه شده است.

جدول 5 نتایج حاصل از وسعت محدوده هشدار را در طول دوره مطالعه برای شاخص نوسانات سطح سفره از سال 1389-1381 نشان می‌دهد و در جدول 6، وسعت محدوده

جدول (5): وسعت مناطق تحت هشدار از منظر شاخص نوسانات سطح سفره از سال 1381 تا 1389

سال	در حد آستانه یا کمتر		محدوده هشدار	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
1381	3566	45/35	4298/5	54/65
1382	4444/5	56/52	3420	43/48
1383	4910	62/43	2954/5	37/57
1384	3490	44/38	4374/5	55/62
1385	1528	19/43	4336/5	80/57
1386	7864/5	100	-	-
1387	7442	94/63	422/5	5/37
1388	6124/5	77/87	1740	22/13
1389	6854/5	87/16	1010	12/84

جدول (6): وسعت محدوده هشدار برای دو شاخص هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم

دوره آماری (پارامتر)	در حد آستانه یا کمتر		محدوده هشدار	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
1380-1383	7864/5	100	-	-
	SAR			
1383-1386	7189/5	91/42	675	8/58
	SAR			
1386-1389	-	-	7864/5	100
	SAR			

## بحث و نتیجه گیری

از نتایج به دست آمده از محدوده هشدار در معیار اقلیم می توان نتیجه گیری کرد که منطقه مورد مطالعه در یک روند غیرخطی برای عبور از آستانه ها قرار داشته است، به طوری که بازه زمانی 1381-1384 منطقه از حدود آستانه ای عبور کرده و در محدوده هشدار قرار گرفته است. بعد از آن یک روند صعودی را طی کرده و این روند صعودی در سال 1386 به حداکثر شرایط ایدئال رسیده است. این موضوع را می توان به بارش بیش از اندازه در منطقه و بهبودی شرایط هیدرولوژیکی حوزه در ارتباط دانست و این روند تا اواسط سال 1387 ادامه داشته و در نهایت، یک روند نزولی دوباره در منطقه مشاهده شده و تا پایان دوره مطالعاتی، این روند برقرار بوده است.

باید اشاره کرد که نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل معیار آب نیز نشان دهنده این موضوع بود که در بازه زمانی 1381-1383 از نظر شاخص سطح نوسانات سفره، نخست روندی صعودی داشته است که این موضوع را می توان به بهبودی شرایط هیدرولوژیکی در این سال ها با توجه به معیار اقلیم نسبت داد، زیرا با افزایش بارش در منطقه سطح آب زیرزمینی نیز افزایش خواهد یافت. در طول سال های 1384-1385 روند افزایش سطح سفره به طور شگفت انگیزی افزایش یافته است. این شرایط را نیز می توان به روند منفی شرایط هیدرولوژیکی نسبت داد، به طوری که در سال 1385 بیشتر از 80% منطقه در محدوده هشدار قرار داشته است، اما در نهایت، با توجه به بهبودی بارش در سال 1386 وضعیت آبی منطقه مساعدتر شده و در سال 1387، در حدود 8% در محدوده هشدار بوده ولی در ادامه با توجه به کاهش بارش این برداشت از آب های زیرزمینی محدوده هشدار در سال 1389 به سطح 12% در منطقه رسیده است.

تجزیه و تحلیل های انجام شده روی مطالعات کیفیت آب نیز این روند کلی مشاهده شده در منطقه را تأیید می کرد، به طوری که از نظر شاخص هدایت الکتریکی منطقه در بازه زمانی 1380-1383 در محدوده هشدار قرار نداشته، ولی در بازه زمانی 1383-1386 فقط در حدود 8% از منطقه در این محدوده هشدار قرار داشته و در نهایت، در طول سال های

1386-1389 دوباره شرایط بهبودی حاصل شده است. اما نکته قابل توجه این بود که منطقه از نظر شاخص نسبت جذب سدیم همواره در شرایط کمتر از آستانه قرار داشته و هیچ گونه هشدار نداده است. این موضوع خود، ارتباط مستقیمی با روند افزایشی برداشت از سطح آب های زیرزمینی و افزایش شوری در محدوده مطالعه شده دارد.

با استناد به مطالعات مسعودی (1389) و خسروی (1391) و این مطالعه می توان نتیجه گرفت با توجه به آمار و اطلاعات موجود در کشور، این 2 معیار و 6 شاخص برای پایش و ارائه سیستم هشدار بیابان زایی مناسب است، اما به منظور کافی بودن این شاخص ها باید در سایر مناطق با اقلیم مشابه مورد آزمایش قرار گیرد. در پایان پیشنهاد می شود با توجه به اینکه آستانه ها از محلی به محل دیگر و در طول زمان تغییر می کنند، لازم است هر چند سال یک بار شاخص ها پایش و آستانه آن ها مشخص شوند تا سیستم هشدار واقعی تری ارائه شود. برای پایش، کافی است تنها شاخص هایی محدود که در منطقه اثرگذارترند، تعیین شوند تا هم هزینه ها به صورت منطقی برآورد شوند و هم آماربرداری و هماهنگی بین واحدها و دستگاه ها آسان تر شود. یکی از مراحل ارائه سیستم هشدار اولیه، انتخاب و معرفی دستگاه های لازم برای سنجش آستانه ها در سایت های انتخابی است. پیشنهاد می شود با توجه به ارزش عددی به دست آمده برای شاخص ها در این تحقیق، دستگاه هایی جهت اندازه گیری سه شاخص را که بیشترین تأثیر را در شدت بیابان زایی در این منطقه داشتند، نصب گردد.

در این تحقیق تلاش شد تا اصول راه اندازی سیستم هشدار اولیه بیابان زایی گردآوری و ارائه شود. با توجه به اینکه سیستم هشدار اولیه بیابان زایی مفهومی نوین بوده، لازم است در قالب پروژه های بین المللی کنوانسیون بیابان زدایی برای تقلیل اثرات خشکسالی یا تسهیلات محیط زیست جهانی، راه اندازی این سیستم در چند نقطه کشور آزمون و پس از نهایی شدن به عنوان ابتکاری نوین از جمهوری اسلامی ایران به جامعه جهانی عرضه گردد.



## منابع

1. احمدی، حسن، 1383. گزارش نهایی طرح تدوین شرح خدمات جامع و متولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
2. خسروی، حسن، 1391. ارائه مدل پایش و سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی (مطالعه موردی: منطقه کاشان). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
3. راهداری، غلام‌رضا، 1391. پایش بیابان‌زایی و ارائه سیستم هشدار بر اساس دو فاکتور اقلیم و آب زیرزمینی در منطقه کنارک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.
4. مسعودی، ریحانه، 1389. سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی براساس دو فاکتور آب و اقلیم (مطالعه موردی: دشت کاشان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
5. Foster, H.D., 1980. Disaster Planning: The Preservation of Life and Property, New York. Springer Verlag. p. 67.
6. ISDR (UN International Strategy for Disaster Reduction), 2003, Terminology: Basic terms of disaster risk reduction. On website at [www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng](http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng)
7. Joseph E. Q., Bernard E., Gilbert L., 2010. Early Warning Systems: A Review, Journal of Terrestrial Observation. Volume 2 Number 2. 22-44
8. Mileti, D., 1999. Disasters by Design: A reassessment of Natural Hazards in the United States, Washington, DC: Joseph Henry Press. 351 pp.
9. Montanarella, L., 2007. Trends in land degradation in Europe. In M. V. Sivakumar, & N. N'diangui (Eds.). Climate and land degradation. Berlin: Springer.
10. Salvati, L., Zitti, M., 2009. Assessing the impact of ecological and economic factors on land degradation vulnerability through multiway analysis. Ecological Indicators. (9) 357-363.
11. Salvati, L., Bajocco, S., 2011. Land sensitivity to desertification across Italy: Past, present, and future. Applied Geography. (31) 223-231.
12. Tiexin C., Yiwang W., Yuefeng, S., 2010. Development and application of tender evaluation decision-making and risk early warning system for water projects based on KDD. Advances in Engineering Software. (48) 58-69
13. Timothy M. Lenton, 2013. What early warning systems are there for environmental shocks?. environment I science & policy. 27 . (6) 0-7 5
14. USEPA, 2005. Technologies and techniques for early warning systems to monitor and evaluate drinking water quality: A state-of-the-art review. USEPA Office of Water Early Warning Systems.