

بررسی روند تغییرات بیابان زایی در دشت کرمان با استفاده از مدل IMDPA

فرشاد سلیمانی ساردو^۱

مربی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

طیبه مصباح زاده

استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

ناصر برومند

دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

علی آذره

استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

الهام رفیعی ساردوئی

استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۸

چکیده

امروزه بیابان زایی یکی از مهمترین پدیده‌های طبیعی است که خسارات گاه‌گانه "جبران ناپذیری بر زندگی انسان‌ها می‌گذارد این پدیده به صورت تدریجی محیط پیرامون خود را تسخیر کرده و باعث خالی از سکنه شدن و مهاجرت مناطق تحت تأثیر خود خواهد شد. ارزیابی و پایش این پدیده طبیعی از جمله برنامه‌های اساسی برنامه ریزان منطقه‌ای جهت مقابله با آن می‌باشد. پایش این پدیده در ایران که بیش از دو سوم آن در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد و از اکوسیستم‌های شکننده‌ای برخوردار است از اهمیت قابل توجهی برخوردار است، به همین دلیل مدل بومی IMDPA جهت ارزیابی آن ابداع گردید. در این تحقیق به منظور ارزیابی شدت بیابان زایی دشت کرمان از مدل IMDPA با تأکید بر معیارهای آب و اقلیم استفاده گردید. نتایج نشان داد کلاس بیابان زایی معیار اقلیم در دوره آماری ده ساله (۱۳۸۲-۱۳۹۲) تغییر نکرده و در کلاس متوسط قرار دارد و همچنین کلاس بیابان زایی معیار آب متوسط تعیین گردید. ضمناً نتایج نشان داد در معیار آب از مساحت شدت بیابان زایی کلاس کم کاسته شده و به مساحت کلاس بیابان زایی متوسط افزوده شده است و نهایتاً مشخص گردید با گذشت زمان شرایط بیابان زایی منطقه وخیم تر شده حتی کلاس بیابان زایی شدید نیز در بعضی از مناطق به خصوص در نواحی غرب و جنوب شرقی دشت کرمان مشاهده شده است.

واژگان کلیدی: بیابان زایی، IMDPA، آب، اقلیم، دشت کرمان

مقدمه

امروزه بیابان‌زایی یکی از مهمترین چالش‌های قرن ۲۱ در دنیا مطرح می‌باشد به عبارتی دیگر کاهش پتانسیل تولید را در اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه خشک و مناطق مرطوب را بر اثر فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی را بیابان‌زایی تعریف می‌کنند این پدیده به صورت خزنده محیط پیرامون خود را درگیر کرده و آثار زیان‌باری را در درازمدت بر اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌کند. بر اساس تعریف، بیابان‌زایی شامل فرآیندهایی است که هم‌زمانی زائیده عوامل طبیعی بوده و هم به عملکرد نادرست انسان بر می‌گردد، بطوری که این فرآیندها ممکن است بصورت تکی و یا ترکیبی می‌توانند باعث افزایش تخریب شوند (Javadi, 2004).

Nateghi (2008)، در مطالعه‌ای با مدل IMDPA، با تاکید بر معیارهای آب، زمین و پوشش گیاهی به بررسی شدت بیابان‌زایی دشت سگزی پرداخته شد. نتایج نشان داد معیار آب با متوسط وزنی ۳/۱۷ در کلاس بیابان‌زایی خیلی شدید طبقه‌بندی می‌شود.

Esfandiari (2009)، در مطالعه‌ای در منطقه خشک فارس با استفاده از معیار آب زیرزمینی به بررسی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA پرداخته شد. در این مدل از چهار شاخص هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، افت سالیانه سفره و سیستم‌های آبیاری استفاده شد. در پایان، پس از آماده‌سازی شاخص‌ها در محیط GIS میانگین هندسی به دست آمده نقشه شدت بیابان‌زایی به دست آمد. نتایج نشان داد حدود ۱ درصد از سطح اراضی در کلاس کم، ۲۸ درصد در کلاس شدید و ۷۱ درصد در کلاس متوسط قرار دارد. سیستم‌های آبیاری نقش مهمی در بیابان‌زایی شدن این اراضی دارند.

Dolatshahi (2008) به منظور تهیه نقشه بیابان‌زایی با معیار خاک براساس مدل IMDPA در جنوب گرمسار، با بدست آوردن ارزش عددی ۱/۶ منطقه را در کلاس بیابان‌زایی متوسط قرار داد و از مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر EC و عمق خاک عنوان گردید.

Abdi (2007)، جهت ارزیابی کمی وضعیت و شدت بیابان‌زایی در منطقه ابوزید از مدل IMDPA استفاده نمود و از بین معیارهای موجود در این مدل دو معیار آب زیرزمینی و خاک را به عنوان معیارهای کلیدی بیابان‌زایی در نظر گرفت.

زهتابیان و همکاران ۱۳۸۸ به بررسی تعیین شدت بیابان‌زایی در منطقه کاشان با استفاده از مدل IMDPA پرداخت نتایج نشان داد که عوامل محیطی و انسانی با هم با ارزش متفاوت در شدت بیابان‌زایی تأثیر داشته و تخریب منابع آب، فرسایش (آبی و بادی)، تخریب پوشش گیاهی و شور شدن اراضی از پیامدهای اصلی بیابان‌زایی در منطقه بوده است.

ذولفقاری و همکاران ۱۳۹۰ به بررسی وضعیت بیابان‌زایی در منطقه سیستم پرداخت و چهار معیار اقلیم، پوشش گیاهی، فرسایش بادی و خاک را به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در بیابان‌زایی منطقه در نظر گرفت. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان داد که فرسایش بادی با ارزش عددی ۱/۶۷ بیشترین تأثیر و معیار خاک با امتیاز ۱/۳۴ کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد.

مسعودی و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی بیابان‌زایی بر اساس دو معیار آب و اقلیم (مطالعه موردی: دشت کاشان)

پرداختند. بر طبق نتایج به دست آمده از ارزش عددی معیارها و شاخص های مورد مطالعه، سه شاخص افت آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی آب و شاخص خشکی ترانسو به ترتیب با ارزش عددی ۳/۸۲، ۳/۰۴ و ۳/۰۱ بیشترین تأثیر را دارا بودند.

حیدرزاده و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی میزان تأثیر معیارهای اقلیم و آب در شدت بیابان زایی منطقه ابوغویر دهلران با استفاده از مدل IMDPA پرداختند.

Salvati و همکاران در سال ۲۰۱۰ به ارزیابی سیستم هشدار اولیه میزان تخریب اراضی (LD) به بیابان زایی توسط تغییرات پایش در طی یک دوره طولانی مدت (۲۰۰۸-۱۹۶۰) در ایتالیا پرداختند.

Dutta and Kundu (2010) با استفاده از روش های نوین خطر بیابان زایی حوزه چورو را در هندوستان بررسی نمودند و نتایج حاکی از افزایش شدت بیابان زایی در منطقه دارد.

رضایی پور و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل IMDPA به ارزیابی شدت بیابان زایی در منطقه باغدر، یزد پرداخته شده است که نتایج نشان می دهد قسمت اعظم منطقه از نظر بیابان زایی در کلاس های متوسط تا شدید قرار دارد.

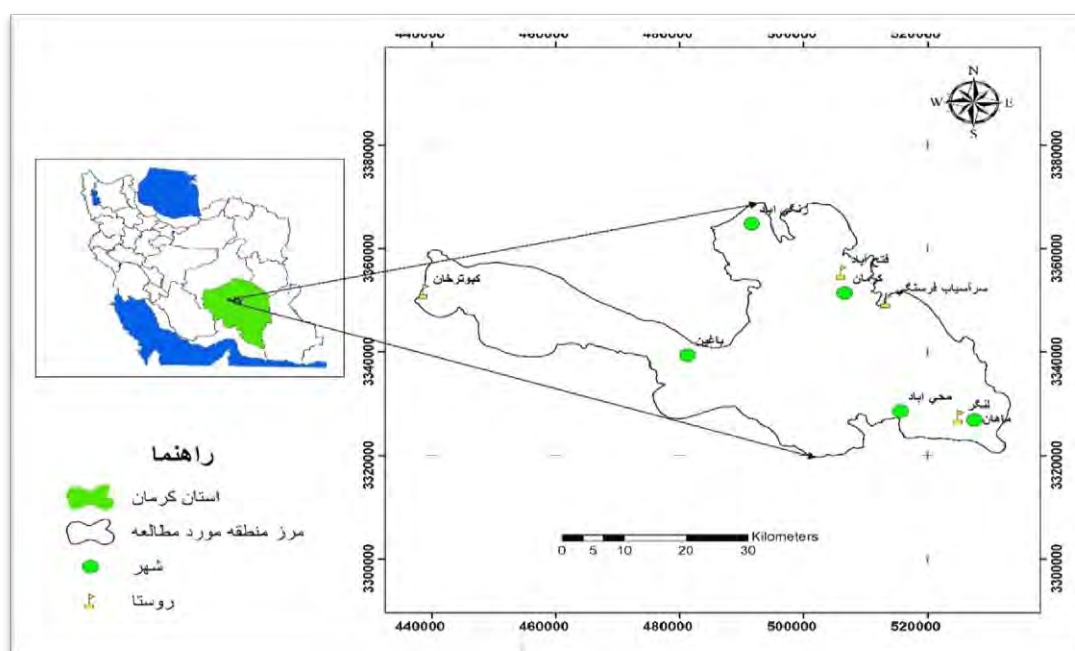
هاشمی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از مدل IMDPA به ارزیابی پتانسیل بیابان زایی در دشت سیستان منطقه زهک پرداختند که نتایج نشان داد ۳۶/۴ درصد از منطقه در طبقه بیابان زایی متوسط و ۶۳/۶ درصد منطقه در طبقه شدید قرار دارد و معیار اقلیم با ارزش عددی ۳/۸۸ مؤثرترین عامل در شدت بیابان زایی منطقه دارد.

یکی از مهمترین چالش های مبارزه با بیابان زایی مشخص نبودن روند بیابان زایی در هر منطقه می باشد و این موضوع به عنوان بخش مبهم این تحقیق مطرح بوده است ضمناً جهت رفع این ابهام از پارامترهای آب و اقلیم استفاده شد. زیرا بر اساس تحقیقات انجام شده (اطلس بیابان زایی ایران) مشخص گردید پارامتر آب از مهمترین معیارهای بیابان زایی در ایران شناخته شده است و همچنین با توجه به بررسی های صورت گرفته و تشخیص کارشناسی (از محاسن مدل IMDPA) معیار اقلیم نیز در این مطالعه جهت تعیین روند بیابان زایی انتخاب گردید. هدف از انجام این تحقیق بررسی روند شدت بیابان زایی در دوره ای ده سال ۱۳۸۲ الی ۱۳۹۲ براساس مدل ایرانی IMDPA و ترسیم نقشه ارزش عددی هر معیار و سپس تلفیق نقشه معیارها برای تعیین وضعیت بیابان زایی منطقه است.

مواد و روش ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی محدوده مطالعاتی دشت کرمان واقع در استان کرمان بخشی از حوزه آبخیز کویر درانجیر می باشد که خود بخشی از حوزه آبخیز مرکزی ایران است. این محدوده تقریباً در جنوب غرب دشت لوت واقع می باشد. وسعت دشت کرمان ۲۰۳۰ کیلومتر مربع می باشد. دشت کرمان بین طول های جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۰ دقیقه و ۵۶ ثانیه الی ۵۷ درجه و ۲۰ دقیقه و ۵۰ ثانیه شرقی و عرض ۳۰ درجه و ۰ دقیقه و ۲۳ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۲۷ دقیقه و ۵ ثانیه شمالی واقع می باشد. موقعیت دشت کرمان در کشور و استان کرمان در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مدل IMDPA

برای ارزیابی روند بیابان‌زایی دشت کرمان از مدل بیابان‌زایی IMDPA استفاده گردید و شدت بیابان‌زایی برای سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ محاسبه گردید. جهت بررسی روند بیابان‌زایی از بین معیارهای مدل IMDPA معیار آب و اقلیم انتخاب گردید زیرا که این معیارها با داشتن اطلاعات و آمار مناسب و کافی از گذشته امکان ارزیابی وضعیت بیابانزایی را با دقت بالاتری ارائه می‌دهند. زهتابیان و همکاران (۱۳۹۲) در طرح اطلس بیابان‌زایی بیان کردند معیار آب یکی از مهمترین معیارهای بیابان‌زایی در ایران می‌باشد و نظر به اینکه دشت کرمان در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد معیار آب و به دنبال آن معیار اقلیم تأثیر زیادی بر روی بیابان‌زایی منطقه می‌گذارد در مدل IMDPA به هر شاخص بر اساس تأثیر آن در بیابان‌زایی با توجه به شرایط منطقه، مطالعات میدانی و نظر کارشناس، وزنی بین ۱ تا ۴ داده شد، یک نقشه تهیه گردید. در این روش هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های خود طبق رابطه (۱) بدست می‌آید:

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

$Index - x$: معیار مورد نظر، $Layer$: شاخص‌های هر معیار، N : تعداد شاخص‌های هر معیار
نقشه نهایی که نشان دهنده وضعیت بیابان‌زایی در منطقه می‌باشد از میانگین هندسی معیارهای مذکور بدست آمد که مطابق جدول (۱) در چهار کلاس طبقه‌بندی شد.

جدول ۱ توزیع فراوانی کلاس‌های شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی (زهتابیان و همکاران، ۱۳۹۳)

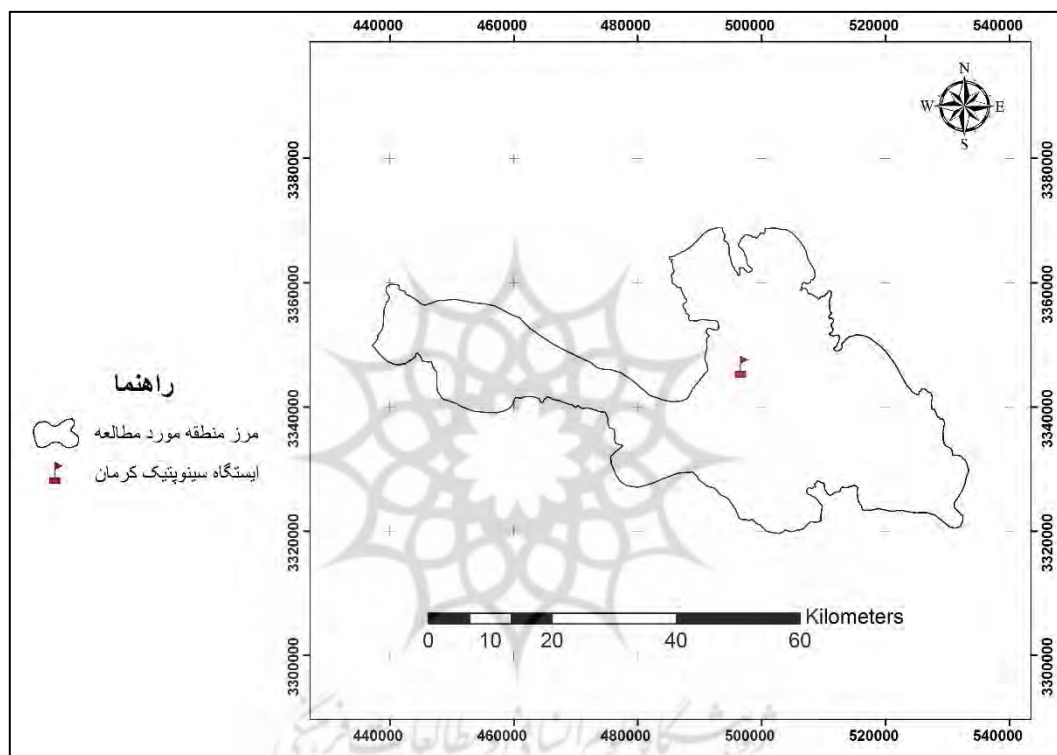
طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی	علامت	دامنه ارزش عددی
ناچیز و کم	۱	۰-۱/۵
متوسط	۲	۱/۵۱-۲/۵
شدید	۳	۲/۵۱-۳/۵
بسیار شدید	۴	۳/۵۱-۴

معیار اقلیم

جهت ارزیابی معیار اقلیم از شاخص‌های بارش سالانه، شاخص خشکسالی و شاخص استمرار خشکسالی در مدل IMDPA استفاده می‌شود در این مطالعه جهت ارزیابی دقیق‌تر معیار از هر سه شاخص فوق استفاده گردیده است.

الف: شاخص بارش سالانه

از آمار بارش ایستگاه کرمان برای برآورد شاخص بارش سالانه استفاده گردید. طبقه‌بندی کلاس‌های بیابان‌زایی از منظر شاخص میزان بارش سالیانه در جدول آورده شده است. در شکل ۲ موقعیت جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک کرمان نسبت به منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه سینوپتیک کرمان نسبت به منطقه مورد مطالعه

ب: شاخص خشکسالی SPI

در این تحقیق، با توجه به مطالعات صورت گرفته توسط افراد دیگر و سابقه تحقیقی که در زمینه شاخص‌های خشکسالی وجود دارد از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) استفاده شد. بدین منظور که یک دوره طولانی بارندگی در نظر گرفته شده و تعداد سال‌های خشک متوالی ۲، ۳ و ... ساله آن تعیین گردید، سپس بر اساس داده‌های جدول، وزن عامل خشکسالی در پدیده بیابان‌زایی تعیین شد. خشکسالی که بیشتر از هفت سال متوالی رخ دهد، مخرب‌ترین علل اقلیمی از نظر بیابان‌زایی محسوب می‌گردد. شاخص بارش استاندارد شاخصی است که بر اساس احتمال بارش برای مقیاس‌های زمانی متفاوت به کار برده می‌شود (رابطه ۲). همچنین رخداد شرایط خشکسالی را قبل از وقوع پیش‌بینی می‌کند و به تخمین شدت خشکسالی کمک می‌کند. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد، و هنگامی پایان می‌یابد

که SPI مثبت گردد و مقادیر تجمعی SPI نیز، بزرگی و شدت دوره خشکسالی را نشان دهد. طبقه‌بندی مقادیر SPI در جدول (۲) آمده است.

$$I = \frac{P_{ik} - P_i}{\delta i} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در معادله فوق: SPI بارش استاندارد شده، P_{ik} مقادیر بارش در ایستگاه i در k امین سال مشاهده به میلی‌متر، P_i میانگین بارش بلند مدت ایستگاه i به میلی‌متر و δi انحراف معیار داده‌های بارش بلند مدت ایستگاه i می‌باشد. دامنه طبقه‌های شدت برای تعیین ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها بر اساس نمایه‌ی SPI در جدول ذیل آمده است.

جدول ۲ مقیاس طبقه‌بندی دوره‌های مرطوب، نرمال و خشک بر اساس روش SPI

SPI values	Class	کلاس
$2 <$	Special Wet	ترسالی استثنایی
$2 - 1/6$	Extremely Wet	ترسالی بسیار شدید
$1/6 - 1/3$	Severely Wet	ترسالی شدید
$0/8 - 1/3$	Medium Wet	ترسالی متوسط
$0/5 - 0/8$	Small Wet	ترسالی خفیف
$-0/5 - 0/5$	Normal	نرمال
$0 - 0/5 - 0/8$	Small Drought	خشکسالی خفیف
$-0/8 - 1/3$	Medium Drought	خشکسالی متوسط
$-1/6 - 1/3$	Severely Drought	خشکسالی شدید
$-2 - 1/6$	Extremely Drought	خشکسالی بسیار شدید
< -2	Special Drought	خشکسالی استثنایی

منبع: یافته‌های پژوهش

ج: شاخص استمرار خشکسالی

در معیار فعلی بیابان‌زایی، پارامتری که برای تداوم خشکسالی‌ها انتخاب شده است وقوع خشکسالی‌هایی با تداوم یک، دو، سه و ... تا هشت سال است. برای ارزیابی چنین خشکسالی‌هایی نیاز به سری‌های آماری طولانی مدت بارندگی داریم. اگر سری کوتاه باشد ممکن است هرگز یک دوره خشکسالی ۶ یا هشت ساله قابل رویت نباشد. در صورتیکه اگر دوره اقلیمی مثلاً صد سال باشد این دوره‌ها نیز ظاهر می‌شوند.

جدول ۳- تعیین امتیازهای شاخص‌های معیار اقلیم در روش IMDPA (زهتایان و همکاران، ۱۳۹۳)

شاخص	کلاس	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
ارزیابی امتیاز	کمتر از ۱/۵	۱/۵۱-۲/۵۰	۲/۵۱-۳/۵	۳/۵۱-۴	
بارش سالیانه (میلی‌متر)	بیشتر از ۲۸۰	۱۵۰-۲۸۰	۷۵-۱۵۰	<۷۵	
شاخص خشکی SPI	بیشتر از ۴	۴	۲/۳	۱	
استمرار خشکسالی	کمتر از ۴ سال	۵ تا ۶ سال	۶ تا ۷ سال	بیشتر از ۷ سال	

منبع: یافته‌های پژوهش

معیار آب زیرزمینی

جدول (۴) شاخص‌هایی را که جهت ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی، در مورد معیار آب در منطقه انتخاب گردیده‌اند، نشان می‌دهد.

الف: افت سفره

تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی هر سفره بستگی به مقدار آب‌های ورودی یا خروجی به سفره دارد. عوامل تغذیه کننده باعث بالا رفتن سطح و عوامل تخلیه کننده باعث افت سطح آب زیرزمینی می‌گردد. در آب‌های زیرزمینی این

دو عامل در تمام مدت با مقادیر مختلف به کار تخلیه و یا تغذیه خود ادامه می دهند و تغییرات سطح آب زیرزمینی با هر یک از این دو عامل رابطه مستقیم دارد، لذا افزایش هر کدام باعث ایجاد تغییر در همین راستا می گردد. با توجه به اطلاعات موجود اقدام به مطالعات افت سفره گردید.

ب: کیفیت آب زیرزمینی (EC و SAR)

کیفیت آب نتیجه ترکیب و غلظت املاح موجود در آن است. جهت بررسی وضعیت کیفیت آب دشت کرمان دو شاخص EC و SAR انتخاب گردید. به منظور شناخت وضعیت کیفی آب در مناطق مختلف سفره آب زیرزمینی دشت کرمان نتایج آنالیز شیمیایی ۶۶ چاه مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

جدول ۴ تعیین امتیاز شاخص های معیار آب در مدل IMDPA (زهتایان و همکاران، ۱۳۹۳)

شاخص ارزیابی	کلاس امتیاز	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
افت سطح ایستایی آب زیرزمینی (cm)	<20	20-30	30-50	>50	
EC ($\mu\text{mhos/cm}$)	<750	750-2250	2250-5000	>5000	
SAR ($\mu\text{mhos/cm}$)	<15	15-26	26-32	>32	

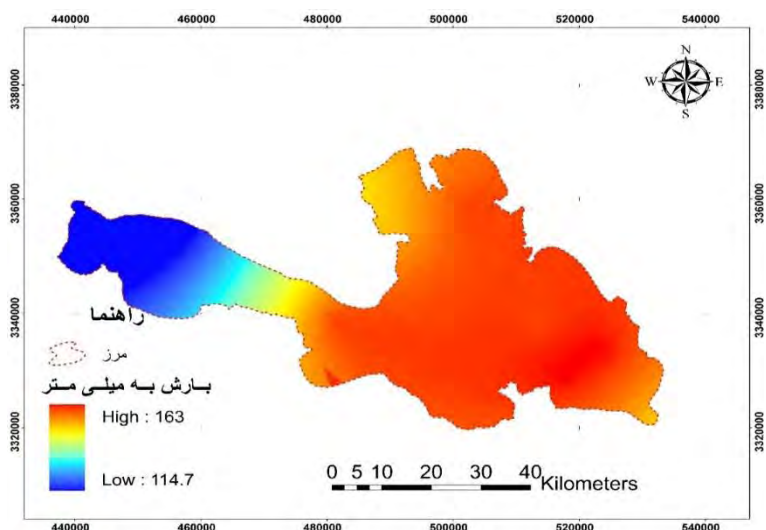
منبع: یافته های پژوهش

در نهایت سعی می گردد تا نقشه های حاصل از بیابان زایی در دوره های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ با هم مقایسه می گردد و در بحث و نتیجه گیری دلایل آن بیان می گردد.

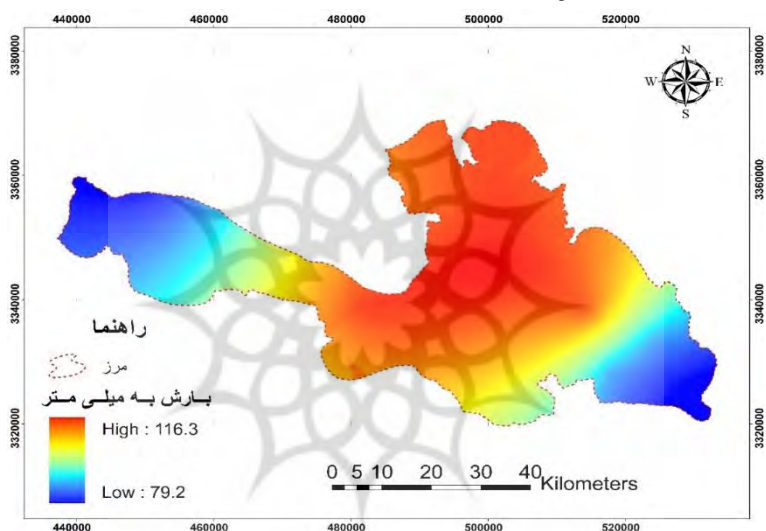
نتایج

الف: معیار اقلیم دوره ۱۳۸۲-۱۳۹۲

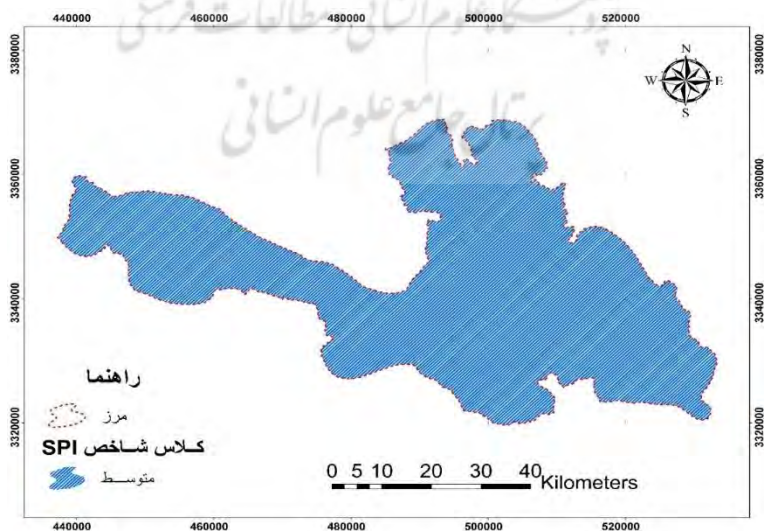
با توجه به شکل های ۳ و ۴ نتایج نشان می دهد که متوسط بارندگی در طی دوره ده ساله دوره آماری سالهای ۱۳۸۲ - ۱۳۹۲ کاهش چشمگیری داشته است بیشترین کاهش بارش متعلق به منطقه جنوب شرقی و شمال شرقی دشت کرمان می باشد که حدود ۵۰ درصد کاهش بارش اتفاق افتاده است. همچنین نتایج نشان می دهد که با توجه مقادیر بارش و محاسبه شاخص خشکسالی SPI، کلاس شدت بیابان زایی از حالت متوسط به شدید تغییر پیدا کرده است و این حالت بیشتر در قسمت های شمال شرقی دشت کرمان اتفاق افتاده است (شکل های ۵ و ۶). همچنین نتایج نشان می دهد که استمرار خشکسالی که همان میزان ماندگاری ماه های خشک و تداوم خشکسالی را نشان می دهد در طی دوره آماری ۱۳۸۲-۱۳۹۲ شدیدتر شده به عبارتی هر چه خشکسالی در سال های گذشته اتفاق افتاده است از تداوم کمتری برخوردار بوده و مدت زمان بین شروع و پایان خشکسالی کمتر بوده است (شکل های ۷ و ۸). در ادامه با استفاده از رابطه (۱) و محاسبه میانگین هندسی شاخص ها و همچنین تلفیق آنها در محیط GIS نقشه معیار اقلیم برای دوره آماری ۱۳۸۲-۱۳۹۲ استخراج گردید که نتایج نشان داد که کلاس بیابان زایی معیار اقلیم با توجه به امتیاز شاخص ها متوسط محاسبه گردید (شکل های ۹ و ۱۰).



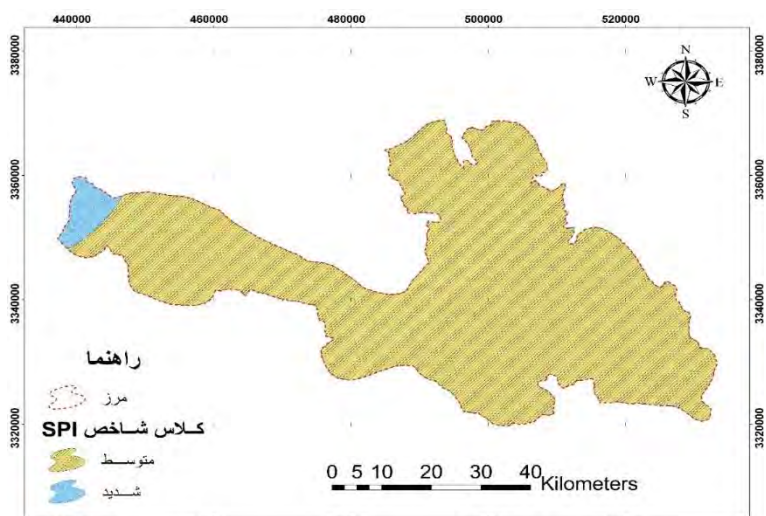
شکل ۳- نقشه شاخص بارش سالانه دشت کرمان سال ۱۳۸۲



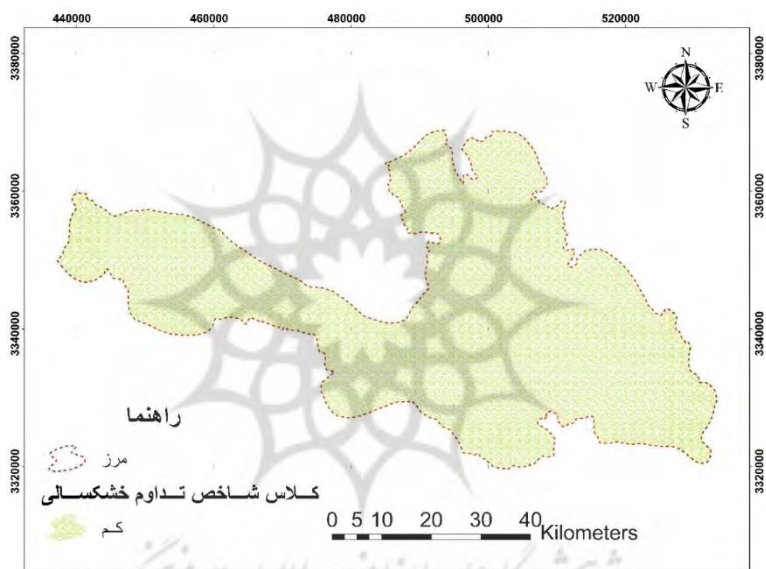
شکل ۴- نقشه شاخص بارش سالانه دشت کرمان سال ۱۳۹۲



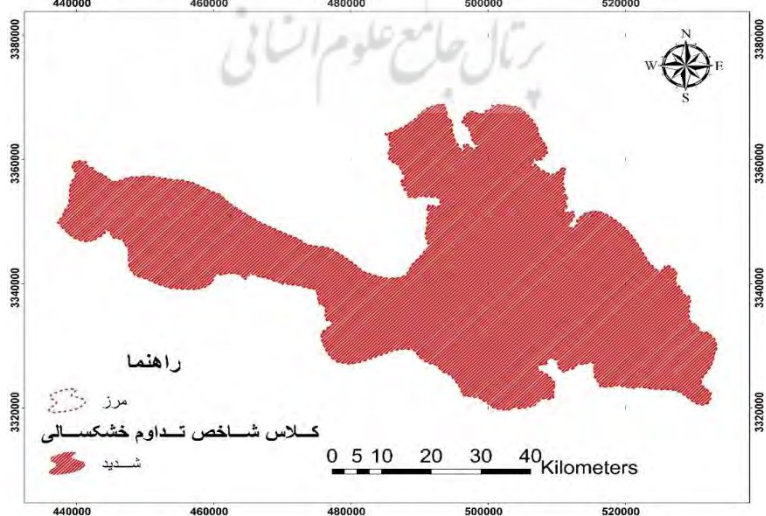
شکل ۵- نقشه وضعیت پیاپی زایی شاخص خشکسالی SPI برای سال ۱۳۸۲



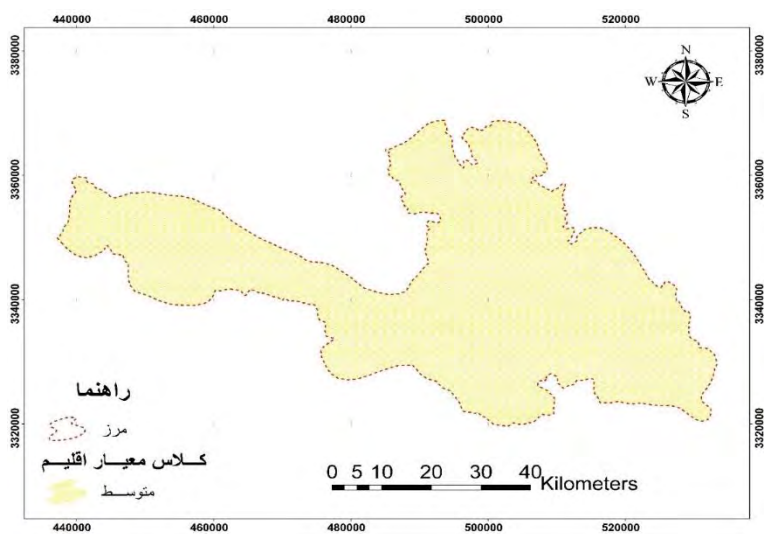
شکل ۶- نقشه وضعیت بیابان زایی شاخص خشکسالی SPI برای سال ۱۳۹۲



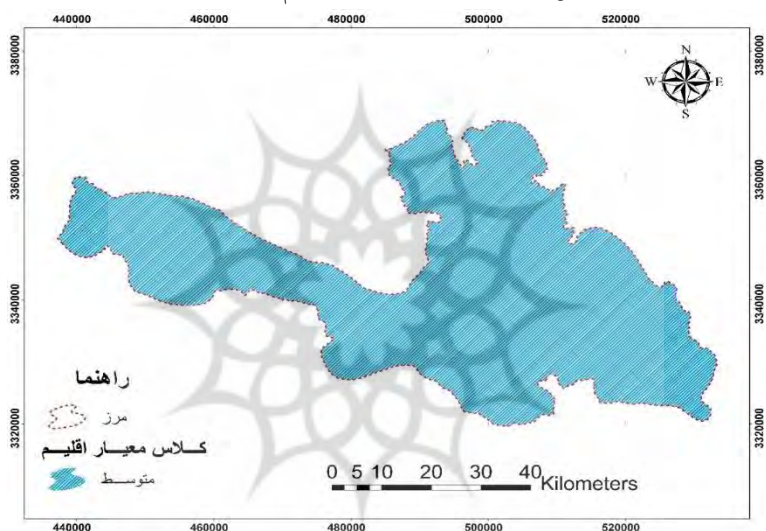
شکل ۷- نقشه وضعیت بیابان زایی شاخص تداوم خشکسالی در سال ۱۳۸۲



شکل ۸- نقشه وضعیت بیابان زایی شاخص تداوم خشکسالی در سال ۱۳۹۲



شکل ۹- نقشه وضعیت بیابان زایی معیار اقلیم در سال ۱۳۸۲

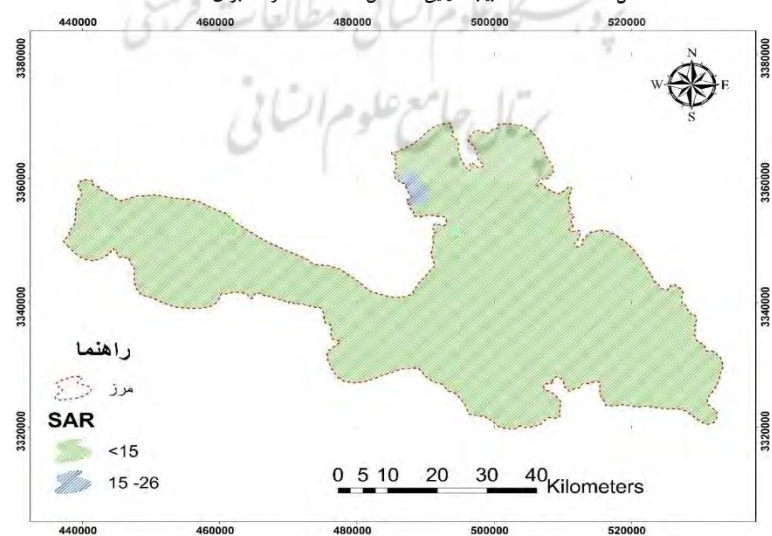
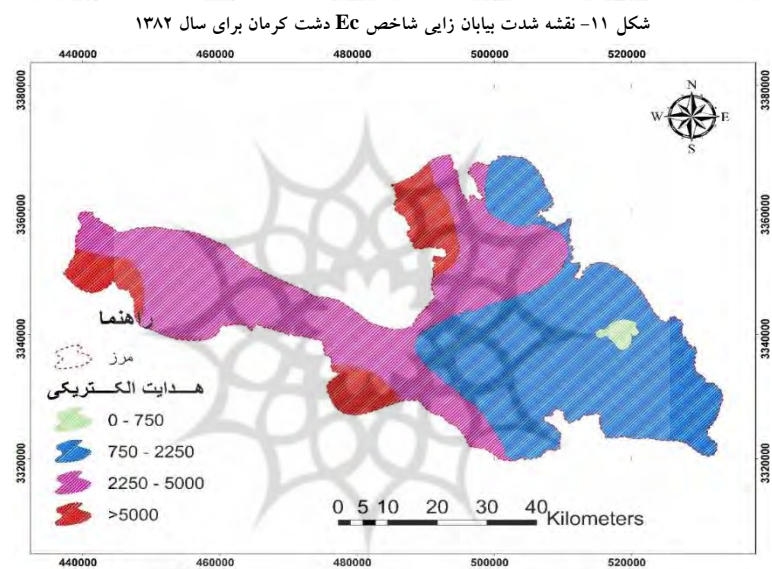
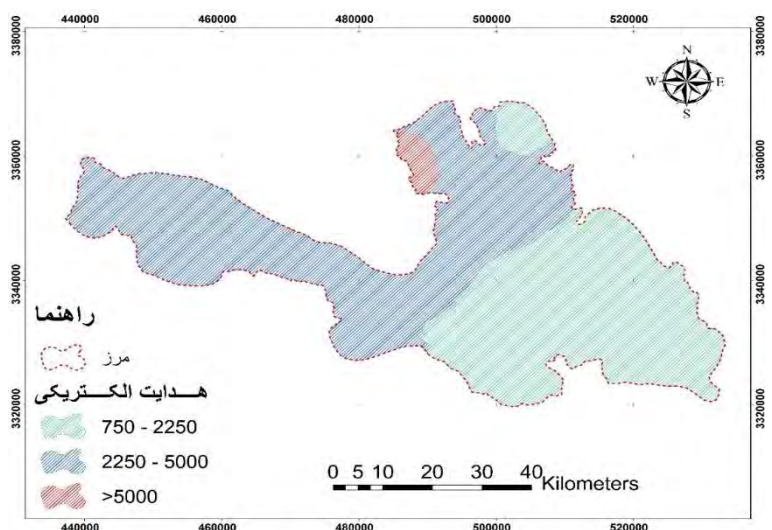


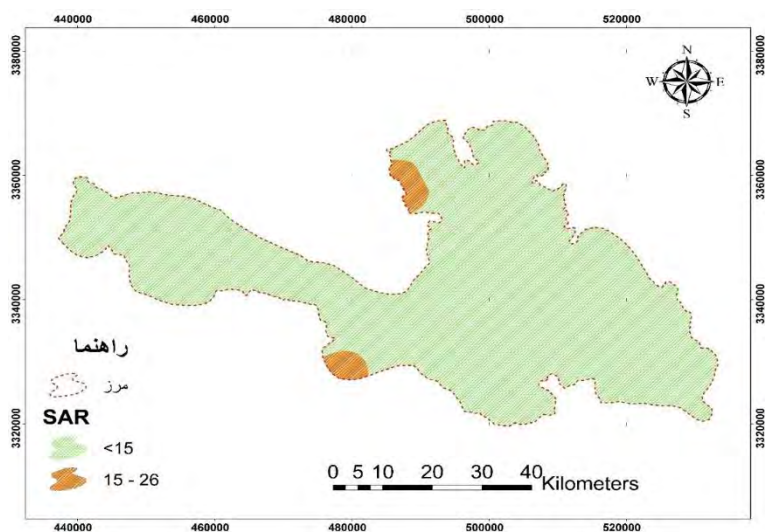
شکل ۱۰- نقشه وضعیت بیابان زایی معیار اقلیم در سال ۱۳۹۲

معیار آب زیر زمینی

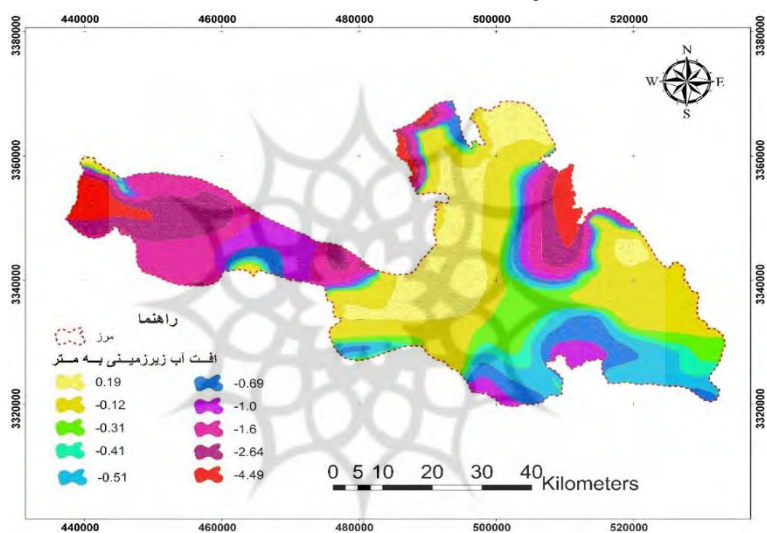
شاخص هدایت الکتریکی

با استفاده منابع آماری چاه‌های بهره برداری و پیژومتر مقادیر EC آب محاسبه گردید و با استفاده از جدول ۴ امتیاز آن محاسبه شده و در محیط GIS نقشه مربوط به سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ ترسیم گردید (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). همچنین با توجه به اطلاعات برداشت شده و از چاه‌های بهره برداری و پیژومتر در مورد پارامتر SAR و همچنین با استفاده از جدول و همچنین با استفاده از جدول ۴ امتیاز آن محاسبه گردید و نقشه آن ترسیم شد (شکل‌های ۱۳ و ۱۴). در ادامه با اطلاعات سطح آب چاه‌های پیژومتر و بهره برداری میزان افت سطح آب مشخص گردید و با استفاده از جدول ۴ امتیاز آن استخراج شد و نهایتاً در محیط GIS نقشه مربوطه استخراج گردید (شکل‌ها ۱۵ و ۱۶) و در آخر با استفاده از رابطه (۱) با استفاده از میانگین هندسی شاخص‌ها امتیاز مربوط به پارامتر آب تعیین گردید و نقشه‌های آن در محیط GIS برای دوره ۱۳۸۲-۱۳۹۲ ترسیم گردید (شکل‌های ۱۷ و ۱۸).

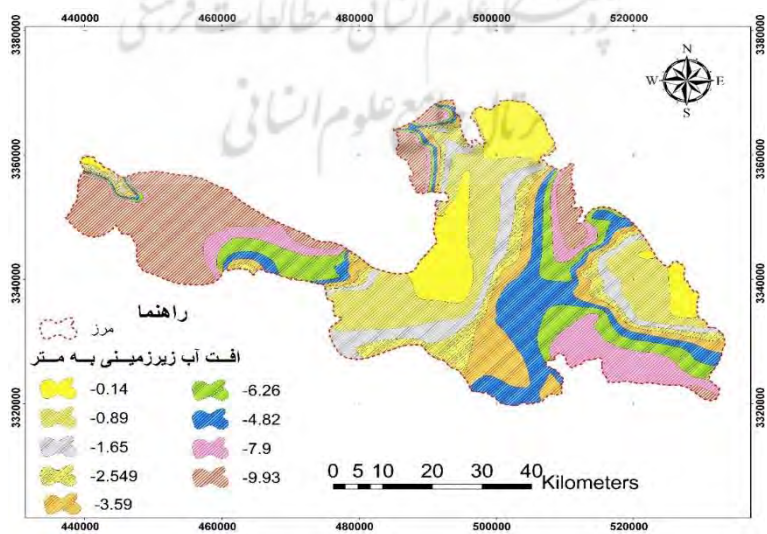




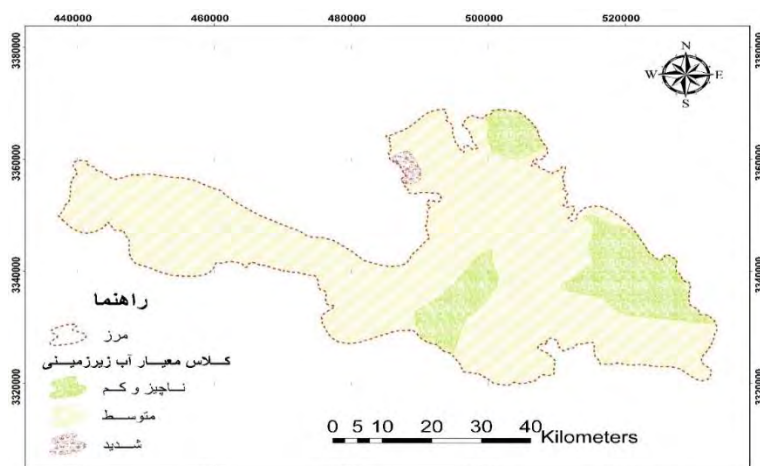
شکل ۱۴- نقشه SAR دشت کرمان برای سال ۱۳۹۲



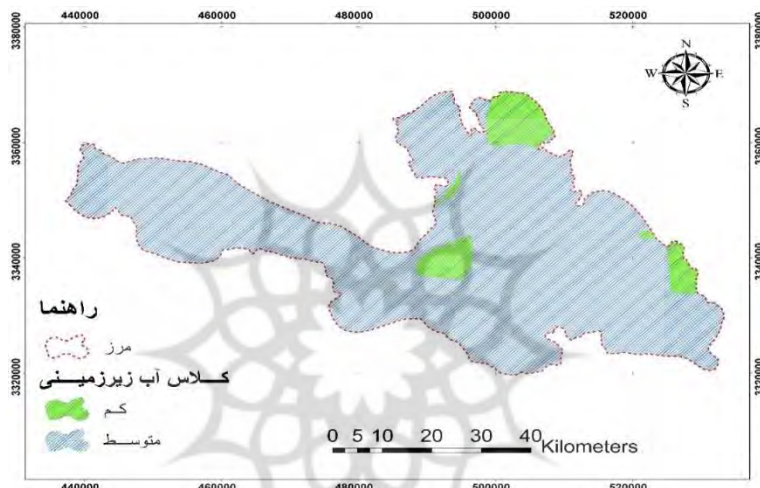
شکل ۱۵- نقشه شاخص افت آب زیر زمینی برای سال ۱۳۸۲



شکل ۱۶- نقشه شاخص افت آب زیر زمینی برای سال ۱۳۹۲



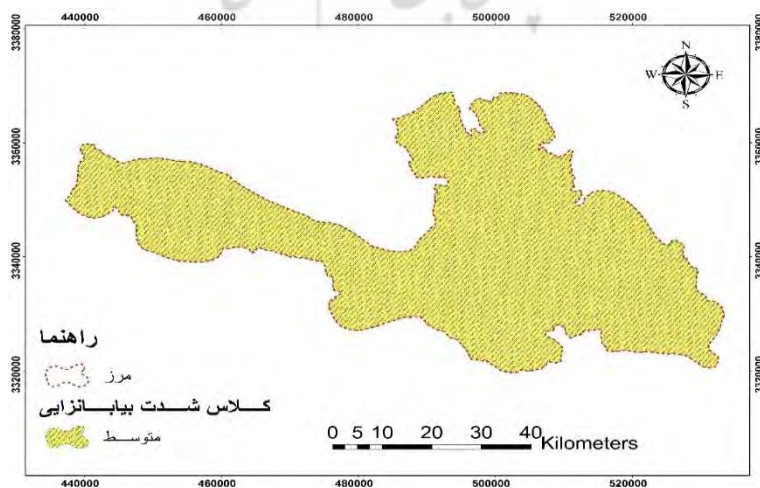
شکل ۱۷- نقشه شدت بیابان زایی معیار آب زیر زمینی ۱۳۸۲



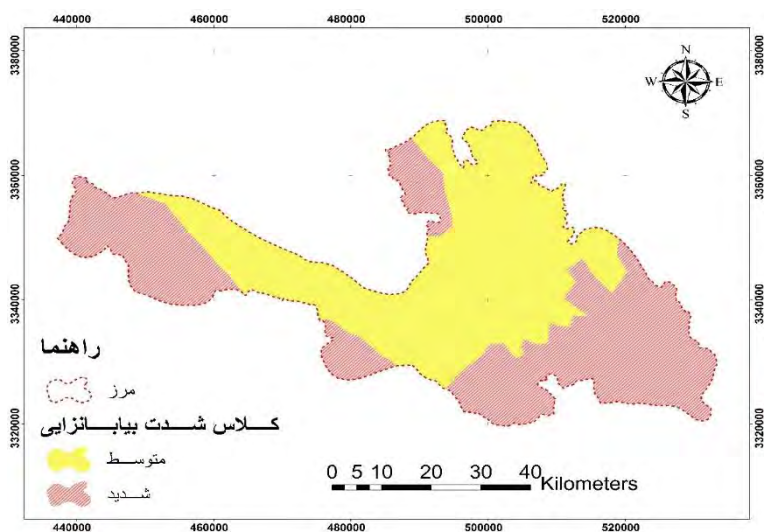
شکل ۱۸- نقشه شدت بیابان زایی معیار آب زیر زمینی ۱۳۹۲

شدت بیابان زایی

با محاسبه امتیاز هر معیار و با استفاده از میانگین هندسی معیارهای آب و اقلیم و تعیین کلاس بیابان زایی منطقه با استفاده از جدول ۱ نقشه نهایی که همان شدت بیابان زایی منطقه در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ می‌باشد در محیط GIS ترسیم گردید و در (شکل‌های ۱۹ و ۲۰) نشان داده شده است.



شکل ۱۹- نقشه شدت بیابان زایی سال ۱۳۸۲ دشت کرمان با استفاده از معیارهای آب و اقلیم



شکل ۲۰- نقشه شدت بیابان زایی سال ۱۳۹۲ دشت کرمان با استفاده از معیارهای آب و اقلیم

بحث و نتیجه گیری

نتایج این مدل نشان می‌دهد که مدل IMDPA به عنوان تنها مدل بومی ایران جهت بررسی شدت بیابان‌زایی مدل مناسبی بوده و با توجه به اینکه این مدل از ۹ معیار تشکیل شده اما بر اساس اهمیت معیارها در منطقه مورد مطالعه با استفاده از نظر کارشناس می‌توان تعدادی از آنها را حذف نمود در این مطالعه با توجه به اینکه معیارهای آب و اقلیم از اهمیت خاصی در منطقه برخوردار بودند انتخاب گردیدند روند تغییرات معیار اقلیم در دوره ده ساله از سال ۱۳۸۲ الی ۱۳۹۲ نشان می‌دهد که در مدل IMDPA در یک بازه ده ساله در معیار اقلیم که نیاز به بررسی دوره‌های طولانی‌تری می‌باشد دوره آماری کوتاهی است به همین دلیل و با توجه به امتیازات شاخص‌ها معیار فوق در کلاس بیابان‌زایی متوسط قرار دارد. اما در نقشه شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار آب زیر زمینی در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۲ مشخص گردید که شرایط بیابان‌زایی حادث‌تر شده و کلاس شدت بیابان‌زایی کم به متوسط تبدیل شده است و پهنه وسیعی از منطقه در کلاس بیابان‌زایی متوسط قرار دارد ضمناً در آخر از تلفیق نقشه معیارها و میانگین هندسی آنها نقشه شدت بیابان‌زایی مربوط به هر سال تهیه گردید که نتایج نشان داد بخشی از منطقه از کلاس بیابان‌زایی متوسط خارج شده و به سمت کلاس شدید سوق پیدا کرده که این مناطق بیشتر در جنوب شرقی و غرب متمرکز می‌باشد و منطقه مرکز دشت کرمان بیشتر در کلاس شدت بیابان‌زایی متوسط قرار دارد. از نتایج حاصل شده در این مطالعه می‌توان جهت مدیریت منابع آب و همچنین شناسایی مناطقی که می‌تواند به عنوان بحرانی که نیازمند مدیریت منابع هستند استفاده نمود مثلاً مناطق جنوب شرقی و غرب دشت کرمان که در کلاس بیابان‌زایی شدید قرار دارند نیازمند توجه مسئولان و برنامه‌ریزان می‌باشند. همچنین میزان آفت آب از ماکزیمم ۴/۵ متر افت در سال ۱۳۸۲ تا تقریباً ۱۰ متر در سال ۱۳۹۲ تغییر کرده است که نشان از وضعیت بحرانی منابع آب زیر زمینی منطقه دارد و برداشت بی‌رویه از این منابع می‌تواند باعث تخریب اراضی و پیشرفت بیابان‌زایی در منطقه گردد. در همین راستا ولی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از معیارهای آب و اقلیم به مطالعه وضعیت بیابان‌زایی در منطقه دشت روداب سبزوار پرداخته‌اند و همچنین حیدری و همکاران (۱۳۹۲) به مطالعه بیابان‌زایی منطقه امین‌آباد میبد یزد بر اساس دو معیار اقلیم و خاک پرداخته‌اند. شاکریان و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی وضعیت بیابان‌زایی منطقه جرقوییه اصفهان

بر اساس معیارهای آب و خاک پرداختند که نتایج نشان داد که معیار خاک در کلاس متوسط بیابانزایی و معیار آب با کلاس با شدت کم بیابانزایی قرار دارد. اسفندیاری و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی به وضعیت بیابانزایی، بر اساس مدل IMDPA در منطقه آباد طشک فارس پرداختند و نتایج نشان داد که ۴۷ درصد از کل مساحت منطقه در کلاس بیابانزایی کم، ۴۳ درصد در کلاس متوسط و ۱۰ درصد از مساحت منطقه در کلاس شدید بیابانزایی قرار دارد. در آخر پیشنهاد می‌گردد به منظور جلوگیری از پیشرفت بیابان زایی در منطقه مدیریت بهینه منابع آب زیر زمینی در اولویت سیاست گذاری‌ها مسئولان منطقه قرار گیرد با توجه به اینکه قسمت اعظم برداشت آب منطقه به مصرف کشاورزی و باغداری می‌رسد می‌توان با توسعه سیستم‌های نوین آبیاری به خصوص سیستم‌های تحت فشار از هدر رفت آب جلوگیری کرده و بهره‌وری آب را بالا برد.

منابع

- حیدر زاده، زاهده، کریمی، حاجی، آرامی، سید عبد الحسین، آزادیا، فرزاد، ۱۳۹۵، بررسی تأثیر عوامل آب و اقلیم بر شدت بیابان زایی منطقه ابوغویر دهلران با استفاده از مدل **IMDPA**، مجله جغرافیا و مطالعات محیطی، ۵ (۲۰): ۹۷-۱۱۰.
- حیدری، اسماعیل، آذره، علی، خسروی، حسن، رفیع شریف آباد، جواد، ۱۳۹۲، ارزیابی شدت بیابان زایی با استفاده از معیارهای اقلیم و خاک مطالعه موردی (مبید یزد)، پژوهش‌های آبخیزداری، ۱۰۱ (۱۱۱-۱۲۰).
- رضایی پور، عبد الحسین، بهرامی، حسین، رفیع شریف آباد، جواد، خسروی، حسن، ۱۳۹۴، ارزیابی شدت بیابان زایی با استفاده از مدل **IMDPA** مطالعه موردی منطقه باغدر یزد، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱۹ (۵)، ص ۴۲-۵۴
- زهتابیان، غلامرضا، خسروی، حسن، مسعودی، ریحانه، ۱۳۹۳، مدل‌های ارزیابی بیابان زایی (معیارها و شاخص‌ها)، انتشارات دانشگاه تهران
- زهتابیان، غلامرضا، حسن، خسروی، مرضیه، قدسی، ۱۳۸۸، تعیین شدت بیابان زایی در منطقه کاشان با استفاده از مدل **IMDPA**، مجله علمی و پژوهشی بیابان، خرداد ۱۳۸۸، ویژه نامه روز جهانی مقابله با بیابانزدایی.
- فرهاد ذوالفقاری، علیرضا شهریاری، اکبر فخیره، علیرضا راشکی، سهیلا نوری، حسن خسروی، ۱۳۹۰، ارزیابی شدت بیابانزایی دشت سیستان با استفاده از مدل **IMDPA**، مجله پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۹۱، ص ۹۷-۱۰۷.
- مسعودی، ریحانه، زهتابیان، غلامرضا، احمدی، حسن، خلیقی سیگارودی، شهرام، ۱۳۹۴، ارزیابی بیابان زایی بر اساس معیارهای آب و اقلیم، مطالعه موردی (دشت کاشان)، مجله مرتع و آبخیزداری، ۶۸ (۴): ۷۱۱-۷۲۳.
- ولی، عباسعلی، برآبادی، حسن، حیدری، اسماعیل، خسروی، حسن، ۱۳۹۴، ارزیابی شدت بیابانزایی دشت روداب سبزواری با تاکید بر دو معیار اقلیم و آب، مجله مهندسی اکوسیستم بیابان، ۴ (۸): ۵۷-۶۶.
- هاشمی، زهره، پهلوانروی، احمد، مقدم نیا، علیرضا، جوادی، محمد رضا، میری، عباس، ۱۳۹۳، ارزیابی پتانسیل بیابان زایی با استفاده از مدل **IMDPA** در دشت سیستان (مطالعه موردی زهک)، مجله علمی و پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، ۳ (۵)، ص ۴۹-۶۲

Abdi, J. (2007). Investigation and the Map Supply of Desertification Intensity Based on IMDPA Model Emphasis on two Criteria Water and Soil in Abozid-Adad Region. Master Science Thesis. University of Tehran.

Dolatshahi, R., 2008, Preparing a Desertification Map based on IMDPA model with emphasis on water, soil, vegetation cover, (case study south of Garmsal). M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

- Esfandiari, M. and Hakimzade, M.A., Ekhtesasi, M.R., Zehtabian, GH.R. (2009). Assessment of Desertification in density as a result of water by IMDPA model, (case study: Toshak, Fars), 1th International Water Management Conference, University of Shah rood.
- Javadi, M.R. (2004). Investigation of Effective Factors on Desertification Intensity and Development of Regional in Kerman. Iran. Master Science Thesis. University of Tehran.
- Nateghi, S. (2008). Assessment of desertification intensity in Sagzi area with IMDPA model with emphasis on issues of water and vegetation, M.Sc. Dissertation, University of Tehran.
- Shakerian, N. Gh. R. Zehtabian. H. Azarnivand. H. Khosravi. (2011). Evaluation of desertification intensity based on soil and water criteria in Jarghooyeh region. Journal of DESERT 16 (2011) 23-32.

