مطالعات جغرافیایی مناطق خشک
سال چهارم، شماره سیزدهم، پاییز ۱۳۹۲
دریافت مقاله : ۹۲/۳/۱۰ تأیید نهایی: ۹۲/۱۲/۱۳
صص ۶۸- ۵۵

تجزیه و تحلیل تغییرات کمّی و کیفی آب زیرزمینی و ناهنجاری‌های اقلیمی مؤثّر بر روند بیابان-زایی دشت گرمسار

سید مهرداد طباطبائی‌فر*، دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
غلامرضا زهتابیان، استاد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
محمد رحیمی، استادیار اقلیم کشاورزی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
حسن خسروی، استادیار بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران
شیما نیکو، استادیار بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

چکیده

یکی از بحران‌های اکولوژیکی که جهان امروز با آن درگیر شده است پدیده بیابان‌زایی است. امّا، برای مهار آن نیاز به شناخت و درک صحیح از عوامل و فرآیندهای آن می‌باشد. این پژوهش در دشت آبرفتی گرمسار در استان سمنان صورت گرفته است. در این پژوهش با استفاده از روش ایرانی IMDPA که جدیدترین روش ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. با توجّه به اهداف تحقیق، پایش و روند بیابان‌زایی دشت گرمسار از سال ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۰ مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. پس از بررسی و ارزیابی‌های اوّلیّه شاخص‌های دو معیار اقلیم و آب به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های مؤثّر در بیابان‌زایی منطقه درنظر گرفته شد. برای معیار اقلیم ۳ شاخص خشکی ترانسو، بارش سالانه و شاخص خشک سالی و برای معیار آب ۲ شاخص افت آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی درنظر گرفته شد. سپس براساس مدل به هر شاخص براساس تأثیّر آن در بیابان‌زایی وزنی داده شد، همچنین با محاسبه میانگین هندسی از امتیاز شاخص‌ها و بهره‌گیری از نرم افزار GIS نقشه‌های روند وضعیّت بیابان‌زایی مربوط به شاخص‌ها برای هر سال تهیه گردید. از بین شاخص‌های مطالعه شده در این دوره، چهار شاخص خشکی ترانسو، افت آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی آب و شاخص بارش سالانه به ترتیب با ارزش عددی ۳/۸۱، ۳/۱۷، ۳/۱۱ و ۳/۰۹ بیشترین تأثیّر و دو شاخص نسبت جذب سدیم، شاخص خشک سالی به ترتیب با ارزش عددی ۱/۱۷ و ۱/۶۳ کم ترین تأثیّر را در بیابان‌زایی دشت گرمسار دارند. تجزیه و تحلیل معیارهای بیابان‌زایی در منطقه گرمسار نشان داد که در میان معیارهای مورد مطالعه، معیار آب بیشترین اثر را بر روی تخریب زمین و بیابان‌زایی از سال ۱۳۷۳ داشته است.

واژگان کلیدی

روند بیابان‌زایی، معیار آب و اقلیم، شاخص، IMDPA، گرمسار.

* - نویسنده مسئول *Email: m.tabatabaei@alumni.ut.ac.ir*

مقدّمه

رشد فزاینده جمعیّت از یک طرف و افزایش شدّت بهره‌برداری از طرف دیگر روز به روز بر وسعت مناطق بیابانی جهان می‌افزاید. از این رو، تاکنون جامعه جهانی به هیچ وجه به صورت فعلی درگیر بحران‌های اکولوژکی مربوط به بیابان‌زایی نبوده است (جعفری، ۱۳۸۰). بنابراین، زمان آن رسیده که از گذشته پند گرفته و راه جدیدی برای مقابله با این معظل در پیش بگیریم. امّا، این عمل ملزم به شناخت و درک صحیحی از عوامل و فرآیندهای بیابان‌زایی و ارزیابی کمّی بیابان‌زایی است تا از نتایج این شناخت و درک در بخش برنامه-ریزی، جهت مدیریّت و کنترل بیابان‌زایی استفاده گردد (درویش ۱۳۷۹). بیابان‌زایی می‌تواند در همه شرایط اقلیمی به وقوع بپیوندد و شدّت آن بستگی به رژیم طبیعی آن منطقه دارد. در مناطق خشک با اقلیم گرم و خشک، فرآیند بیابان‌زایی می‌تواند سرعت پیدا کند و به صورت فاجعه درآید. این فرآیند همیشه با تخریب خاک و منابع آب، پوشش گیاهی و دیگر منابع در شرایط استرس طبیعی و اکولوژیکی همراست. در گنه (۱۹۸۷) بیابان‌زایی را این گونه تعریف می‌کنند: بیابان‌زایی اشاره ضمنی از بدبختی دارد و نیاز به توضیح ندارد، هر شخصی می‌داند که بیابان‌زایی بد است، بدون توجّه به این که آن چگونه رخ می‌دهد. سن و شارما[۱] بیابان‌زایی را افزایش فشار انسان در سیستم استفاده آن از اکوسیستم‌های حسّاس می‌داند که باعث کاهش بازدهی تولید و عدم برگشت‌پذیری می‌گردد (Sen & Sharma, 1995). گرنجر[۲] چهار دلیل را برای بیابان‌زایی نام می‌برد که هر کدام با افزایش جمعیّت بشری شدیدتر می‌شود: کشت بیش از حدّ محصولات کشاورزی، جنگل‌تراشی،چرای بیش از حد و آبیاری نامناسب (گرنجر، ۱۳۷۴). مابوت[۳] بیابان‌زایی را شامل فقر اکوسیستم‌ها از لحاظ کاهش تولید بیولوژیکی و تشدید تخریب خاک‌ها می‌داند (Mabbut, 1978). کاتز[۴] و همکاران بیابان‌زایی را روند تخریب اراضی می‌دانند که شامل روند تخریبی در تولید و سامانه‌های اجتماعی اکوسیستم‌ها می‌باشد (Kates et al, 1977). ویشمایر[۵] معتقد است بیابان‌زایی تغییرهای زیان‌بار در اکوسیستم منطقه‌های خشک و نیمه خشک است که به دست بشر ایجاد می‌شود (Wihmeier, 1980).

جست و جو و بررسی در منابع قابل دسترس از کشورهای چین، ترکمنستان، هند و ... نشان می‌دهد که هر کدام از این کشورها با توجّه به ساختارهای اکولوژیکی و اجتماعی و اقتصادی خود الگوهای جداگانه‌ای برای طبقه‌بندی بیابان‌ها و برآورد شدّت بیابان‌زایی در آن مناطق طراحی نموده و مورد استفاده قرار می‌دهند. ولی، بیشتر آنها در درجه اوّل برای بررسی در همان کشور ارایه شده و با وضعیّت آب و هوایی و ژئومرفولوژیکی و شرایط زیست محیطی همان منطقه مطابقت و سازگاری دارد (طباطبائی‌فر، ۱۳۹۲).

در حال حاضر چندین مدل برای ارزیابی عوامل بیابان‌زایی و تهیه نقشه بیابان‌زایی ارایه شده است؛ از آن میان می‌توان به روش های فائو – یونپ، آکادمی علوم ترکمنستان، طبقه بندی نوع و شدّت بیابان‌زایی در ایران (ICD)[۶]، مدالوس (ESA)[۷] ، DeMon ۸ و پروژه DESERTLINK و مدل ایرانی IMDPA ۹ اشاره کرد.

۱- *Sen & Sharma*
۲- *Granger*
۳- *Mabbutt*
۴- *Kates*
۵- *Wischmeier, W.H.*
۶- *Iranian Classification Desertification*
۷- *Environmental Sensitive Areas*
۸- *Desertification Monitoring*
۹- *Iranian Model of Desertification Potentical Assessment*

در سال ۱۹۷۶ اوّلین تحقیق غیر رسمی و منطقه‌ای در زمینه تهیه نقشه بیابان‌زایی توسّط محقّقین دانشگاه هامبورگ در منطقه دارفور کشور سودان و به مدّت ۴ سال انجام گرفت. نتایج این کار به دو نقشه کاربری اراضی و بیابان‌زایی به علّت ارتباط با یکدیگر گردآوری شد (جوادی، ۱۳۸۳).

اوّلین فعّالیّت به صورت رسمی و گسترده در زمینه‌ی ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی جهان با هدف درک بهتر از مسایل پیچیده این پدیده در سال ۱۹۷۷ توسّط UNEP و یونسکو انجام گرفت که در برگیرنده مناطق بیابانی و مناطق در معرض بیابان‌زایی می‌شد (ذبیحی اسرمی، ۱۳۸۰).

در سال ۱۹۸۵ برنامه محیط زیست سازمان ملل متّحد با همکاری دولت کنیا طرح راهنمایی ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی را در کشور کنیا به مورد اجرا گذاشت. هدف از انجام این طرح ارزیابی کاربردی روش یونپ- فائو بود که با انجام آن علاوه بر پی بردن به مزایا، ایرادات آن نیز شناسایی می‌شود (مشکوه، ۱۳۷۷).

در سال ۱۹۸۵ مؤسّسه تحقیقات علوم ترکمنستان طرحی جدید و با دقّت بیشتر نسبت به روش فائو- یونپ در زمینه ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی ارایه نمود. این طرح که توسّط خارین[۱] تهیه شده بود. فرآیندهای بیابان‌زایی را فرسایش آبی و بادی، شور شدن خاک، آلودگی محیطی بیابان‌زایی ناشی از عملکرد جانوران ناشی از عملکرد تکنولوژی می‌داند. پس از جمع آوری اطّلاعات از منطقه مورد مطالعه در ترکمنستان و ارزیابی آن، فرآیندهای تخریب پوشش گیاهی، فرسایش آبی و بادی و سله بستن خاک از عوامل اصلی بیابان‌زایی در نظر گرفته شدند (رفیعی امام، ۱۳۸۲).

توریو[۲] و زیدام[۳] در سال ۱۹۹۸، از سنجش از دور و سیستم اطّلاعات جغرافیایی به منظور آنالیز بیابان-زایی در منطقه پاتاگونیای آرژانتین استفاده کردند. هدف آنها از این تحقیق تعیین و آنالیز مناطق تخریب شده، بررسی پیشرفت فرآیندهای طبیعی و انسانی بیابان‌زایی استفاده از علم سنجش از دور و سیستم اطّلاعات جغرافیایی و ارزیابی توان این دو ابزار برای مطالعه‌ی سیمای بیابان‌زایی و ارزیابی استعدادهای محیط‌های مختلف طبیعی این کشور برای بیابان‌زایی است. مطالعه نقشه‌های تهیه شده با استفاده از این روش وضعیّت مستعد منطقه را برای بیابانی شدن نشان داد (مقصودی، ۱۳۷۹).

در ایران هم طرح جامع کمّی‌سازی معیارها و شاخص‌های تأثیّر گذار بر روند بیابان‌زایی در زیست بوم‌های طبیعی کشور توسّط دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران در سطح ملّی تدوین شد. بر پایه نتایج این طرح، ۹ معیار و ۳۵ شاخص بیابان‌زایی در ایران همراه با روش‌شناسی ارزیابی کمی و کیفی آنها در قالب مدل IMDPA[۴] ارایه شد (احمدی، ۱۳۸۳).

فتاحی (۱۳۸۷) به بررسی روند بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های سنجش از دور پرداخت. نتایج تحقیق نشان داد که فعّالیّت‌های انسانی و دستکاری او در طبیعت به عنوان دو عامل اصلی تغییر انواع استفاده از اراضی و افت کمّی و کیفی منابع آب در استان قم بوده که می‌تواند تشدید بیابان‌زایی را به دنبال داشته باشد.

۱- *Kharin*
۲-*Torio*
۳- *Zuidam*
۴- *Iranian Model of Desertification Potentical Assessment*

ناطقی (۱۳۸۸) در ارزیابی شدّت بیابان‌زایی دشت سگزی با بهره‌گیری از مدل IMDPA، به این نتیجه رسید که معیار آب با میانگین وزنی ۳/۹۷ بیشترین تأثیّر را در بیابان‌زایی منطقه دارد و در کلاس بیابان‌زایی خیلی شدید قرار می‌گیرید.

مسعوی (۱۳۸۹) جهت ارایه یک سیستم هشدار بیابان‌زایی در دشت کاشان با استفاده از مدل IMDPA و با نرم افزار GIS و با تأکید بر دو معیار آب و اقلیم، نشان داد که معیار آب با ارزش عددی ۳/۳۶ بیشترین تأثیّر را در بیابان‌زایی منطقه دارد و در کلاس شدید قرار می‌گیرد.

نگارش و همکاران (۱۳۹۰) با تجزیه و تحلیل ناهنجاری‌های اقلیمی مؤثّر بر فرآیند بیابان‌زایی در خضرآباد یزد به این نتیجه رسیدند که تغییرات عناصر مورد بررسی شامل دما و بارش به نفع شرایط بیابانی به طور مستقیم و با فراهم نمودن زمینه تشدید این شرایط به علّت فعّالیّت‌های انسانی از طریق فشار بر منابع آب و پوشش گیاهی می‌باشد.

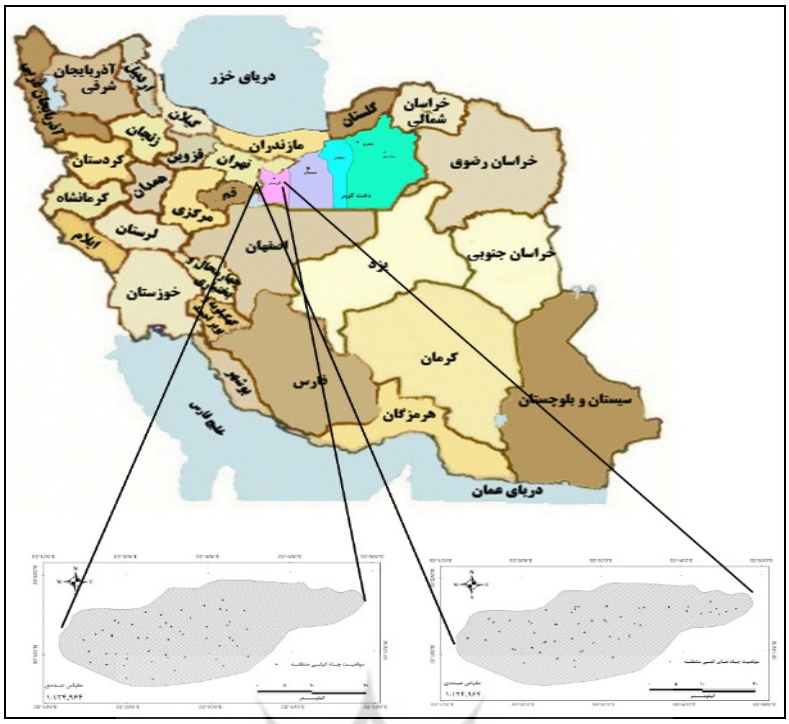
خسروی (۱۳۹۱) در قالب رساله دکتری با استفاده از مدل IMDPA و با نرم افزار GIS و با تأکید بر معیارهای اقلیم، زمین شناسی وژئومرفولوژی، منابع آب و پوشش گیاهی، روند و اثر تغییرات معیارها و شاخص‌های پایش بیابان‌زایی دشت کاشان را بررسی نمود.

اگر چه بررسی‌های ارزشمندی توسّط دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، در یزد و دیگر مراکز پژوهشی جهت ارزیابی بیابان‌زایی با بهره‌گیری از روش‌های گوناگون انجام یافته است؛ولی، از آن جا که هدف اصلی این پژوهش، بررسی پایش و روند بیابان‌زایی با بهره‌گیری از مدل IMDPA در دشت گرمسار می‌باشد؛ لذا ، چند مورد از جدیدترین بررسی‌های انجام یافته با کمک این مدل در ایران بیان شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق با وسعت حدود ۸۶۶۸۸ هکتار مخروط افکنه گرمسار در استان سمنان را در برگرفته است. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی ´۵۳ °۵۱ تا ´۵۵ °۵۲ طول شرقی و ´۲۸ °۳۴ تا ´۳۰ °۳۵ عرض شمالی می‌باشد. قسمت جنوبی این منطقه، کویری و ناحیه شمالی آن را ارتفاعات جنوبی رشته کوه‌های البرز در برگرفته است. در تحلیلی که بر چند پارامتر اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان در تابستان ۹۰ و مقایسه‌ای که با سال گذشته و دربلندمدّت انجام شده در تحلیل آماری دمای آن، گرمسار به عنوان گرم‌ترین ایستگاه سینوپتیک با میانگین دمای۳۱/۴ درجه سانتی‌گراد معرّفی شد.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه به همراه وضعیّت چاه‌های کمّی و کیفی

روش تحقیق

در این پژوهش با بررسی گزارش‌های مختلف و بازدید از منطقه، اطّلاعات پایه از جمله نقشه‌های موضوعی، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و سایر اطّلاعات مورد نیاز گردآوری محدوده منطقه مورد مطالعه قرار گرفت. جهت استفاده از این مدل و ترسیم نقشه‌های پایش و روند بیابان‌زایی در مخروط افکنه گرمسار، با توجّه به شرایط منطقه و نظر کارشناس از شاخص‌های دو معیار آب و اقلیم استفاده شد و به عنوان شاخص‌های کلیدی پایش بیابان‌زایی در نظر گرفته شد. به هر شاخص مطابق نظر کارشناس و شدّت تأثیر آن در بیابان‌زایی وزنی بین ۱ تا ۴ داده شد و نحوه وزن‌دهی به صورت خطّی و نسبت برابر بود، به طوری که ارزش ۱ بهترین و ارزش ۴ بدترین وزن بوده است (جدول۳).

در معیار اقلیم از سه شاخص خشکی ترانسو، بارش سالانه و شاخص خشک سالی استفاده گردید و روند بیابان‌زایی منطقه طی یک دهه‌ی اخیر یعنی از سال ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۰ بررسی شد. از آمار بارش ۴ ایستگاه بنکوه، گرمسار (باران‌سنج)، ده نمک، سینوپتیک گرمسار درون حوزه و ایستگاه جنداب ایوانکی خارج از حوزه استفاده گردید. جهت بررسی روند شاخص خشکی از شاخص ترانسو استفاده گردید (معادله۱).

معادله (۱) $I = \frac{P}{ETP}$ ، P: بارش سالانه، ETP: تبخیروتعرق پتانسیل سالانه

با توجّه به مطالعات صورت گرفته توسّط افراد دیگر و سابقه تحقیقی که در زمینه شاخص‌های خشک سالی وجود دارد از دو زیر شاخص استمرار خشک سالی و شاخص بارش استاندارد شده[۱] (SPI) طبق معادله ۲ استفاده شد (خسروی، ۱۳۹۱). طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتّفاق می‌افتد که SPI به طور

[۱]. *Standardized Precipitaion Index*

مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کم تر برسد؛ و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد و مقادیر تجمعی SPI نیز، بزرگی و شدّت دوره خشک سالی را نشان می‌دهد. شاخص‌های خشکی ترانسو، بارش سالانه و شاخص خشک سالی براساس جدول ۱ مورد ارزیابی قرار گرفت.

معادله (۲) شاخص خشک سالی $= \sqrt[2]{\text{زیر شاخص } SPI \times \text{زیر شاخص استمرار خشکسالی}}$

در معیار آب روند و اثر تغییرات شاخص نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم از سال ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی روند و اثرات تغییرات پارامترهای کیفی آب در دشت گرمسار، از اطّلاعات مربوط به ۵۲ حلقه چاه و برای شاخص نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی از ۷۵ حلقه چاه مشاهده‌ای استفاده گردید. لازم به ذکر است مطالعات براساس چاه‌های پیزومتری که در منطقه موجود بود انجام شد. شاخص‌های افت آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم براساس جدول ۲ مورد ارزیابی قرار گرفت.

در نهایت پس از تهیه ۶۰ لایه رستری شاخص‌های مربوط به معیارهای مورد بررسی طی یک دهه اخیر در محیط ArcGIS9.3، نقشه نهایی پایش و روند بیابان‌زایی مربوط به شاخص‌ها برای هر سال به دست آمد.

جدول ۱. شاخص‌های معیار اقلیم و تعیین امتیاز در روش IMDPA

شاخص ارزیابی	کلاس امتیاز	غیر قابل ملاحظه ۰/۰۱-۱	کم ۱/۰۱-۱/۵۰	متوسّط ۱/۵۱-۲/۵۰	شدید ۲/۵۱-۳/۵	بسیار شدید ۳/۵۱-۴
بارش سالیانه(میلی متر)		≥۶۰۰	۲۸۰- ۶۰۰	۱۵۰ - ۲۸۰	۷۵ - ۱۵۰	< ۷۵
شاخص خشکی ترانسو		>۰/۶۵	۰/۴۵ - ۰/۶۵	۰/۲ -۰/۴۵	۰/۰۵ - ۰/۲	< ۰/۰۵
شاخص خشک سالی		۷	۵،۶	۴	۲،۳	۱
استمرار خشک سالی		کم تر از۳ سال	۳ تا ۴ سال	۵ تا ۶ سال	۶ تا ۷ سال	بیشتر از۷ سال

جدول ۲. شاخص‌های معیار آب و تعیین امتیاز در مدل IMDPA

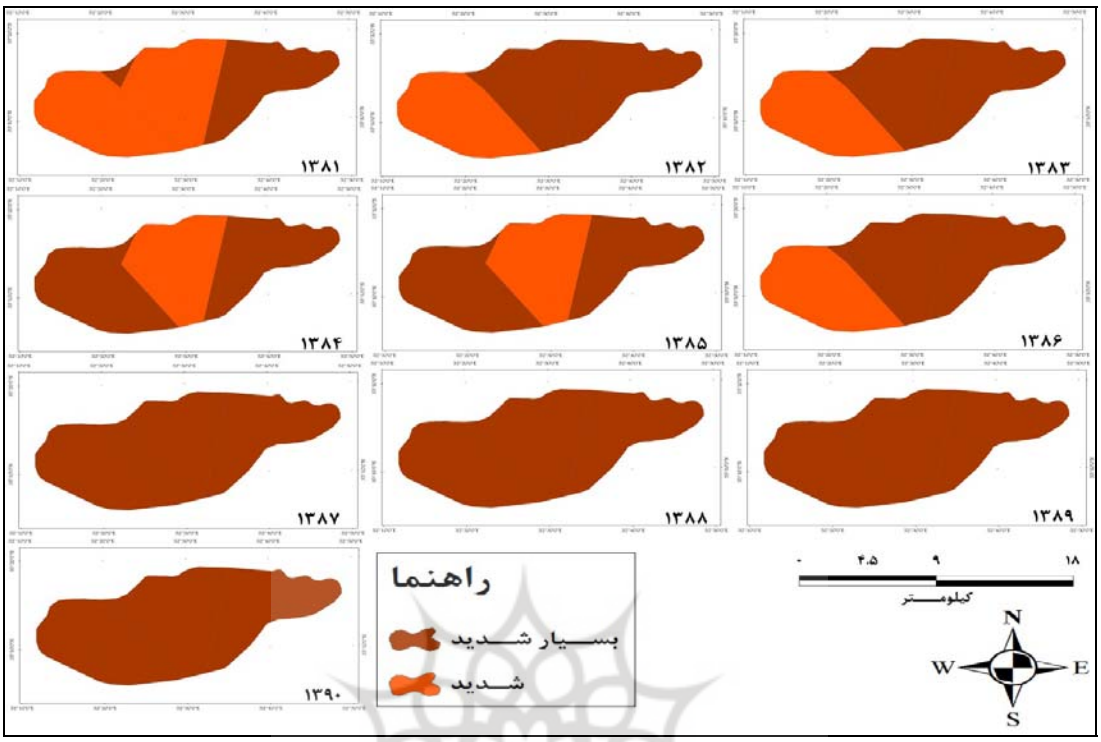
شاخص ارزیابی	کلاس بیابان‌زایی	کم	متوسّط	شدید	بسیار شدید
	امتیاز	۱/۰۰-۱/۵۰	۱/۵۱-۲/۵۰	۲/۵۱-۳/۵	۳/۵۱-۴
افت (cm/year)		<۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۵۰	>۵۰
EC (µmhos/cm)		<۷۵۰	۷۵۰-۲۲۵۰	۲۲۵۰-۵۰۰۰	>۵۰۰۰
SAR (µmhos/cm)		<۱۵	۱۵-۲۶	۲۶-۳۲	>۳۲

جدول ۳. توزیع فراوانی کلاس‌های شدّت وضعیّت فعلی بیابان‌زایی

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

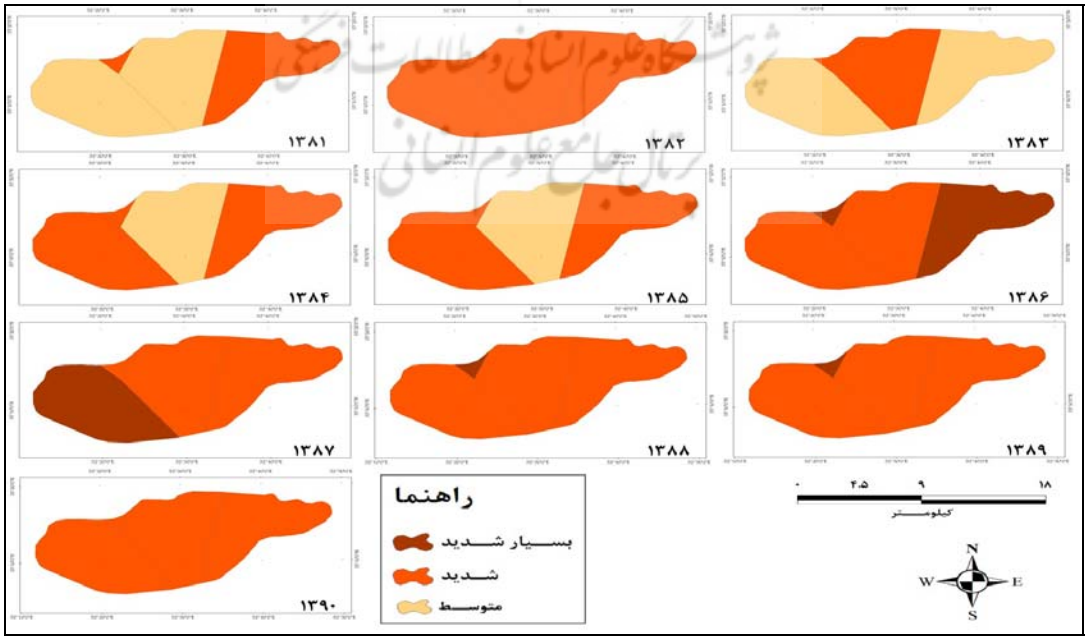
نتایج

شکل‌های ۱ تا ۶ نقشه وضعیّت بیابان‌زایی شاخص‌های مورد بررسی طی یک دهه اخیر را نشان می‌دهد.



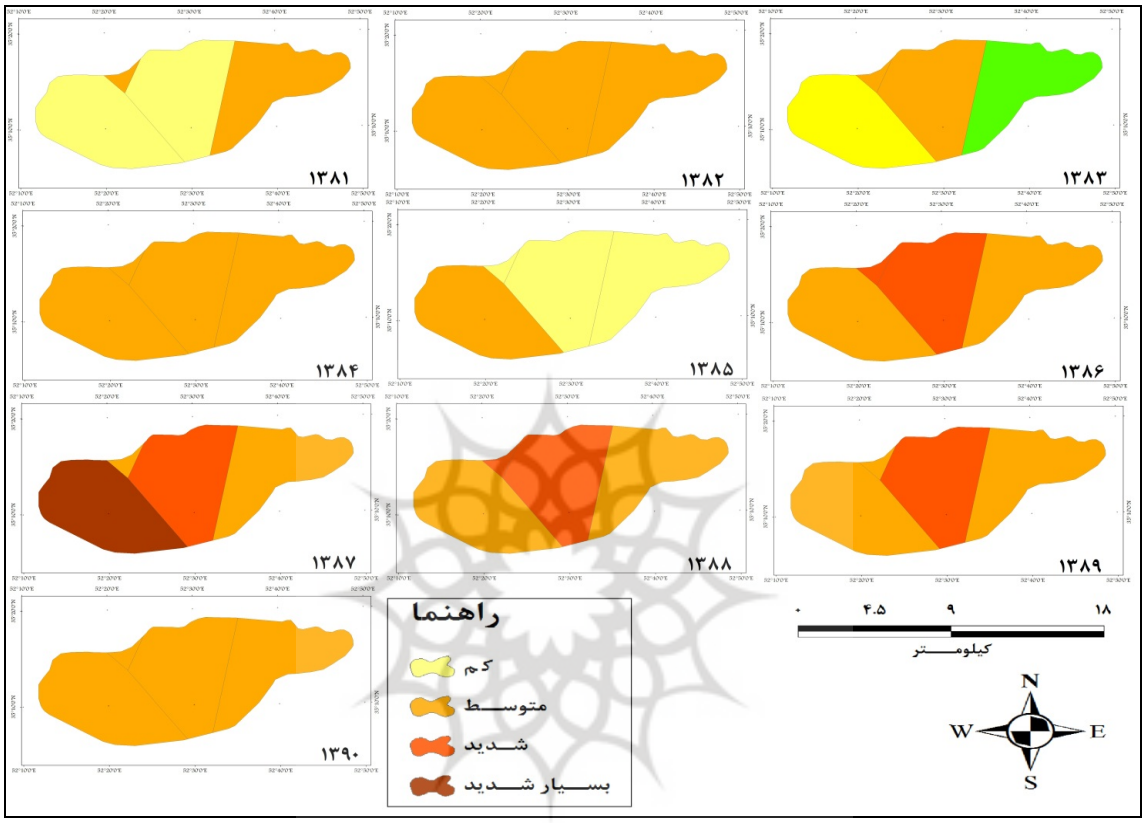
شکل ۲. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص خشکی طی دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۸۱

نتایج تحقیق نشان داد که منطقه مورد مطالعه طی یک دوره ده ساله (۱۳۹۰-۱۳۸۱) از منظر شاخص خشکی در دو کلاس شدید و بسیار شدید قرار می‌گیرد و از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ در کلاس بسیار شدید قرار می‌گیرد. به طوری که از سال ۱۳۸۷ الی ۱۳۹۰ کلّ منطقه مطالعاتی یعنی معادل ۸۶۶۸۸ هکتار از اراضی در وضعیّت بیابان‌زایی بسیار شدید قرار دارد (شکل ۲).



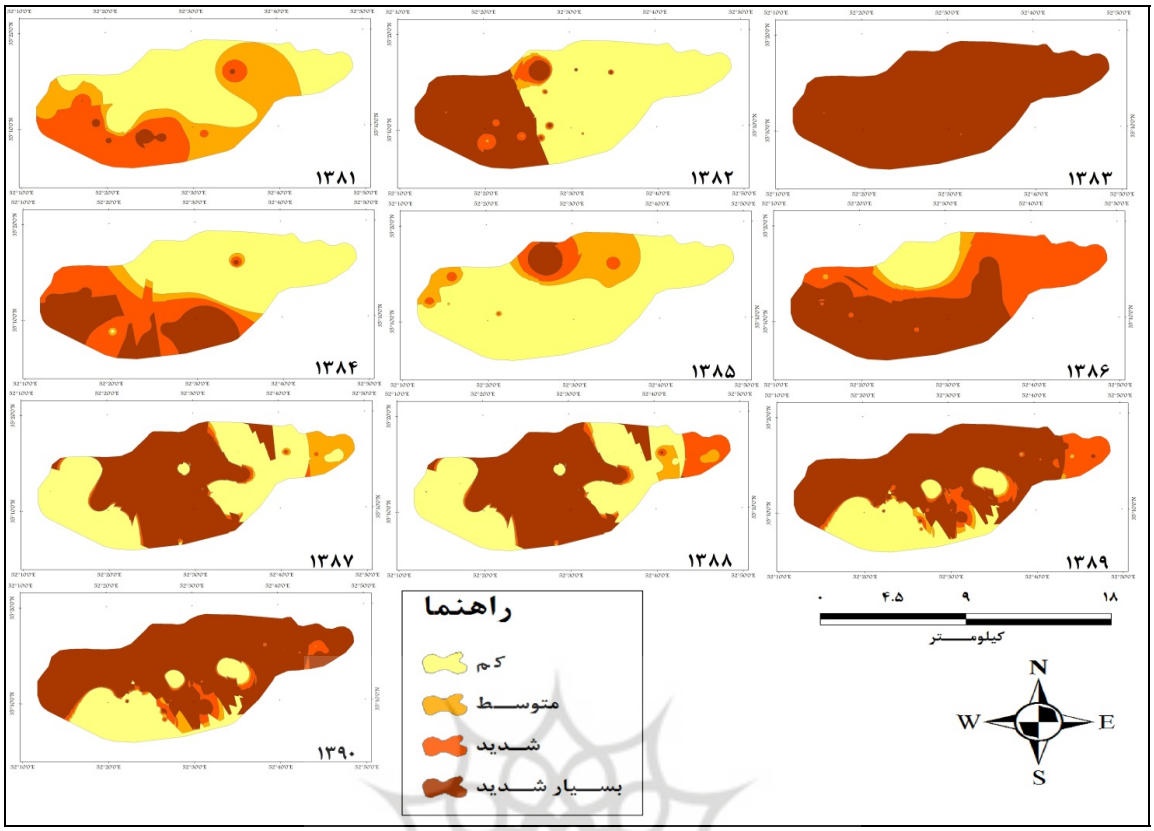
شکل ۳. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص بارش طی دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۸۱

طی سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ منطقه از منظر شاخص بارش در دو کلاس متوسّط و شدید؛ در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۰ در کلاس شدید و در سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در دو کلاس شدید و بسیار شدید قرار می‌گیرد. این در حالی است که در سال ۱۳۸۱ فقط ۳۳ درصد منطقه، معادل ۲۷۴۸۳ هکتار از اراضی در وضعیّت بیابان‌زایی شدید قرار داشته است. امّا، در سال ۱۳۹۰ کلاس بیابان‌زایی شدید ۸۶۶۸۸ هکتار از اراضی منطقه را فراگرفت (شکل ۳).



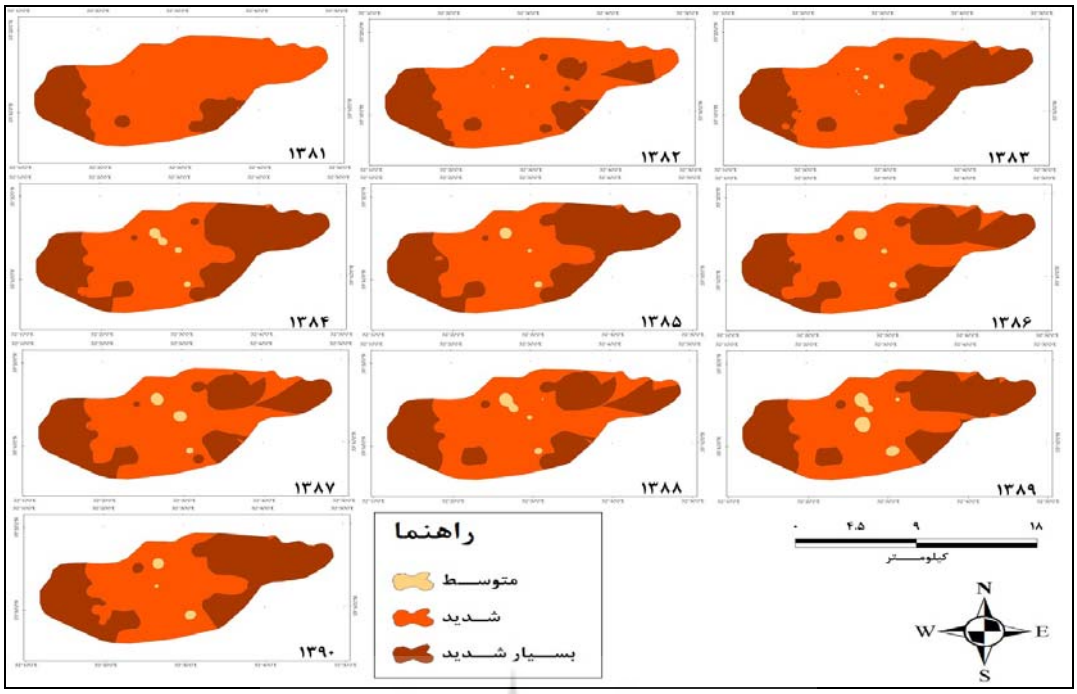
شکل ۴. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص خشک سالی طی دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۸۱

منطقه از منظر شاخص خشک سالی در سال ۱۳۸۱، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ در دو کلاس کم و متوسّط؛ در سال ۱۳۸۲، ۱۳۸۴ و ۱۳۹۰ در کلاس متوسّط؛ در سال ۱۳۸۶، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در دو کلاس متوسّط و شدید قرار داشته است. در سال ۱۳۸۷ علاوه بر دو کلاس متوسّط و شدید، ۲۹۸۱۴ هکتار (۳۴ درصد منطقه) در کلاس بسیار شدید قرار داشته است (شکل ۴).



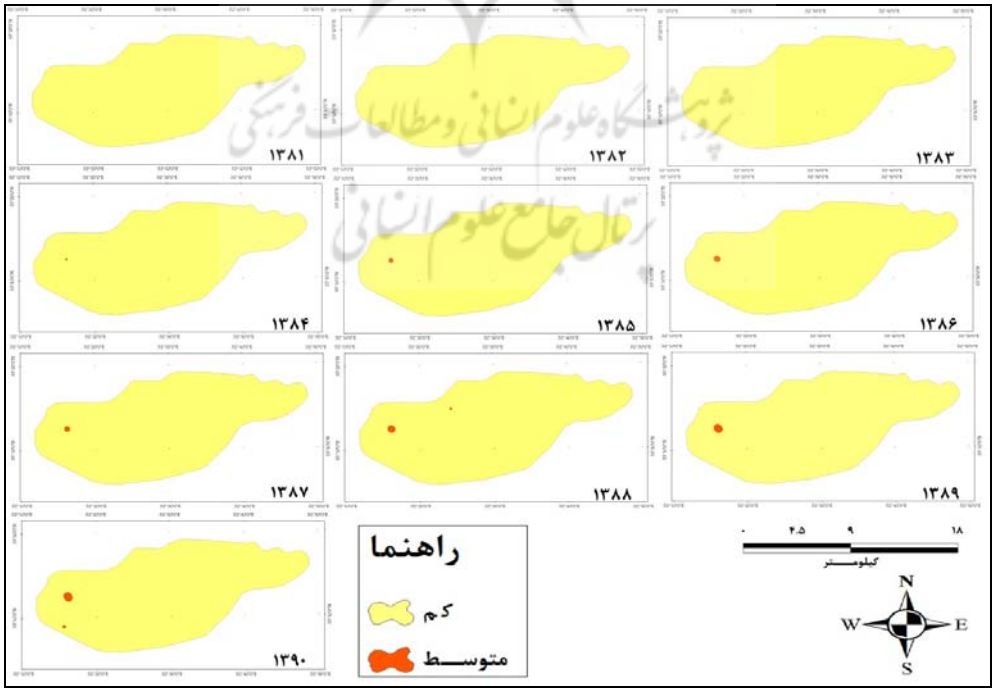
شکل ۵. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص افت آب زیرزمینی طی دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۸۱

شکل ۵ نقشه وضعیّت شاخص نوسانات سطح سفره زیرزمینی دشت گرمسار طی دوره ده ساله (۱۳۹۰-۱۳۸۱) را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد در سال ۱۳۸۳، ۹۸/۹۹ درصد منطقه از منظر شاخص افت در کلاس بسیار شدید قرار داشته است. طی سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶ بیشترین شدّت افت در نواحی غرب و جنوب غربی منطقه بوده است؛ در سال ۱۳۸۵ بیشترین میزان شدّت افت در قسمت شمالی منطقه و از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ بیش از ۴۹ درصد منطقه در کلاس بسیار شدید قرار داشته و این شدّت افت از قسمت‌های شمالی منطقه آغاز شده و تا جنوب ادامه می‌یابد و در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ نواحی غربی و شرقی منطقه را نیز فرا گرفته است. این در حالی است که در سال ۱۳۸۱ فقط ۱۴۴۱۱ هکتار از اراضی منطقه به لحاظ شاخص افت در وضعیّت بیابان‌زایی بسیار شدید قرار داشته است. امّا، در سال ۱۳۹۰ وضعیّت کلاس بیابان‌زایی بسیار شدید به ۶۲۰۵۰ هکتار افزایش یافت.



شکل ۶. نقشه کلاس بیابان‌زایی شاخص هدایت الکتریکی آب طی دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۸۱

وضعیّت شاخص هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه طی دوره ده ساله نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۱، ۷۹/۴۶ درصد منطقه در کلاس شدید و ۲۰/۵۴ درصد در کلاس بسیار شدید بوده است. طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۰ بیش از ۹۷ درصد منطقه در کلاس شدید و بسیار شدید قرار داشته است؛ که در قسمت‌های شمالی، جنوبی و مرکزی منطقه کلاس شدید و در نواحی غربی و شرقی کلاس بسیار شدید بر منطقه حاکم بوده است (شکل ۶). در سال ۱۳۸۱ وسعت اراضی تحت کلاس بیابان‌زایی بسیار شدید ۱۷۸۰۶ هکتار بوده است. امّا، در سال ۱۳۹۰ وسعت این کلاس به ۴۳۰۳۲ هکتار گسترش یافت (شکل ۶).



شکل ۷. نقشه‌ی کلاس بیابان‌زایی شاخص نسبت جذب سدیم طی دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۸۱

براساس نتایج به دست آمده میزان نسبت جذب سدیم در کلّ منطقه مطالعاتی طی یک دهه اخیر دچار نوسان زیادی نبوده است. به طوری که، در اکثر نقاط در کلاس ناچیز بیابان‌زایی قرار گرفته است و به صورت عینی اثرات این شاخص در این مناطق قابل مشاهده نیست. از سال ۱۳۸۴ کلاس بیابان‌زایی متوسّط با وسعت بسیار ناچیز ۱۳ هکتار (۰/۰۲ درصد منطقه) وارد منطقه شده و وسعت آن در سال ۱۳۹۰ به ۳۱۸ هکتار (۰/۳۷ درصد منطقه) رسیده است (شکل ۷).

بحث و نتیجه‌گیری

با توجّه به نتایج می‌توان گفت که در معیار اقلیم، شاخص خشکی ترانسو بیشترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه دارد، شاخص بارش سالانه بعد از شاخص خشکی ترانسو بیشترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه ایفا می‌کند و شاخص خشکی بعد از شاخص بارش نقش بسزایی را در بیابان‌زایی منطقه دارد. جهت روشن‌تر شدن این پژوهش، در تحلیلی که بر چند پارامتر اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان در تابستان ۹۰ و مقایسه‌ای که با سال گذشته و دربلندمدّت انجام شد، در تحلیل آماری دمای آن، گرمسار به عنوان گرم‌ترین ایستگاه سینوپتیک استان سمنان با میانگین دمای۳۱/۴ درجه سانتی‌گراد معرّفی شد. درجه حرارت بسیار بالا سبب تبخیر و تعرّق بسیار بالای آب در این دشت آبرفتی شده است و با توجّه به این که در شاخص خشکی ترانسو از پارامتر تبخیروتعرق استفاده می‌شود؛ بنابراین، بالاتر بودن نقش شاخص خشکی ترانسو در معیار اقلیم به لحاظ بیابان‌زایی، در مقایسه با شاخص‌های دیگر معیار اقلیم کاملاً منطقی می‌باشد. در معیار آب، شاخص افت آب زیرزمینی بیشترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه داشته و شاخص هدایت الکتریکی بعد از شاخص افت بیشترین تأثیر را در بیابازایی منطقه دارد. شاخص نسبت جذب سدیم کم ترین نقش را بیابان-زایی منطقه داشته است. افت آب زیرزمینی دشت گرمسار در اثر چند عامل مهم اتّفاق افتاده است. اوّلین و مهم‌ترین دلیل افزایش برداشت از آب رودخانه حبله رود در بالادست (شهرستان‌های فیروزکوه و دماوند) این منطقه را با بحران کمبود آب مواجه نموده است. چراکه، رودخانه حبله‌رود تنها منبع مطمئن تأمین آب دشت گرمسار محسوب می‌شود. به دلیل نوسانات آب رودخانه حبله‌رود در سال‌های گذشته، کشاورزان اقدام به حفر تعداد قابل توجّهی چاه عمیق و نیمه عمیق کرده‌اند. دومین دلیل افزایش برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و چاه‌های خود منطقه می‌باشد. عدم تغذیه مناسب این سفره‌ها چه بصورت طبیعی و یا غیرطبیعی، ذخایرآب‌های زیرزمینی دشت گرمسار را در وضعیّت نامناسبی قرار داده است. از مهم‌ترین علل بالا بودن شاخص هدایت الکتریکی در دشت گرمسار رودخانه حبله‌رود است. چنان که اشاره شد دشت آبرفتی گرمسار در پایین دست حوضه آبخیز حبله رود قرار گرفته است. این رودخانه که تنها منبع مطمئن تأمین آب دشت گرمسار محسوب می‌شود، در بالادست از کیفیّت خوبی برخوردار است. ولی، قبل از ورود به دشت گرمسار در فاصله بین ایستگاه‌های سیمین دشت تا بنکوه از سازندهای شور عبور می‌کند و شاخه‌های شوری نیز به آن می‌پیوندد که میزان املاح آن افزایش و در نتیجه کیفیّت آن به شدّت کاهش می‌یابد. همچنین طی سال‌های اخیر به دلیل برداشت بیش از حد از چاه‌های آب کشاورزی، ضمن پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی، کیفیّت آب آنها نیز تغییر نموده و بر میزان شوری و املاح آنها افزوده شده است. که این امر در کیفیّت خاک زراعی نیز تأثیر گذار بوده است. با مقایسه سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۰ روند شدّت بیابان‌زایی منطقه را می‌توان به صورت کاملاً واضح مشاهده نمود. براساس مطالعات انجام شده و تجزیه و تحلیل شاخص‌ها، معیار آب بیشترین تأثیر را در شدّت بیابان‌زایی منطقه داشته است. همچنین از بین شاخص‌های مطالعه شده، چهار

شاخص خشکی ترانسو، افت آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی آب و شاخص بارش سالانه به ترتیب با ارزش عددی ۳/۸۱، ۳/۱۷، ۳/۱۱ و ۳/۰۹ بیشترین تأثیّر و دو شاخص نسبت جذب سدیم، شاخص خشک سالی به ترتیب با ارزش عددی ۱/۱۷ و ۱/۶۳ کم ترین تأثیّر را در بیابان‌زایی دارند. لازم به ذکر است که در سایر تحقیقات انجام گرفته در رابطه با تعیین شاخص‌ها و معیارهای مربوط به هر منطقه و ارزیابی شدّت بیابان‌زایی آن‌ها در ایران از جمله روش مدالوس در کاشان (خسروی، ۱۳۸۳)، ارزیابی بیابان‌زایی دشت ورامین با تکیه بر مسایل آب و خاک (زهتابیان و رفیعی، ۱۳۸۴)، ارزیابی شدّت بیابان‌زایی دشت سگزی با بهره‌گیری از مدل IMDPA (ناطقی، ۱۳۸۸)، سیستم هشدار اوّلیه بیابان‌زایی براساس دو فاکتور آب و اقلیم در دشت کاشان با استفاده از مدل IMDPA (مسعودی، ۱۳۸۹)، ارایه مدل پایش و سیستم هشدار اوّلیه بیابان‌زایی در دشت کاشان با استفاده از مدل IMDPA (خسروی، ۱۳۹۱) و مقایسه آنها با شرایط موجود نتایج بسیار نزدیک و مشابهی حاصل گردید. با توجّه به این که اکثر روش‌های متداوّل در تعیین روند و شدّت بیابان‌زایی، بسیار وقت‌گیر بوده و نیاز به عملیّات صحرایی بسیاری دارد (خسروی، ۱۳۸۳)، استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطّلاعات جغرافیایی ضمن کاهش هزینه‌های پرسنلی موجب افزایش سرعت و دقّت در برآورد نتایج حاصل می‌گردد (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۰).

پیشنهادها

با توجّه به تجزیه و تحلیل انجام ش ده و نتایج به دست آمده از ارزشیابی روش پیشنهادی در دشت گرمسار، روش پیشنهادی با در نظر گرفتن شاخص‌های مناسب و به تعداد نسبتاً کافی در مناطق خشک، روش وزن دادن به شاخص‌ها، استفاده از سامانه اطّلاعات جغرافیایی در تلفیق نقشه‌ها و استفاده از میانگین هندسی به جای جمع یا میانگین حسابی (FAO-UNEP، ICD) در محاسبه شاخص‌ها و نقشه بیابان‌زایی روش نسبتاً دقیقی است و می‌تواند در مناطق مشابه مورد مطالعه برای تعیین روند بیابان‌زایی مورد استفاده قرار گیرد و در صورت لزوم شاخص‌ها و کلاس‌های آن اصلاح گردد.

دستگاه‌های مختلفی مانند واحدهای مدیریّت منابع آب اقدام به اندازه‌گیری و پایش وضعیّت منابع آب نموده و در برخی مناطق اجازه بهره‌برداری نمی‌دهد تا از افت بیشتر منابع آبی جلوگیری شود. اصطلاحاً به مناطقی که امور آب اجازه بهره برداری از آب‌های زیرزمینی را نمی‌دهند، "دشت ممنوعه" اطلاق می‌گردد. بدیهی است بهره‌برداری از منابع در اختیار دولت بسیار راحت می‌باشد. امّا، در خصوص مزارع که در اختیار مردم می‌باشد و سیستم هشدار اوّلیه وضعیّت بهره‌برداری از آنها را بحرانی اعلام می‌نماید آیا راهکاری برای جلوگیری از بهره‌برداری به شیوه جاری وجود دارد؟

بدین سبب لازم است که اهرم‌های قانونی برای اجرایی نمودن هشدارها اندیشیده شود. علاوه بر اهرم‌های قانونی سیاست‌های تشویقی-حمایتی نقش مهمی می‌توانند ایفا نمایند؛ به شرط این که با دقّت و جامع نگری تدوین شده باشند.

منابع

۱- احمدی، حسن و همکاران، (۱۳۸۳)، **گزارش نهایی طرح تدوین شرح خدمات جامع و متولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران**، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۲- اختصاصی، محمد رضا، سعید، مهاجری (۱۳۷۴)، **روش طبقه‌بندی نوع و شدّت بیابان‌زایی اراضی در ایران (ICD)، مجموعه مقالات دومین همایش بررسی مناطق بیابانی کشور**، کرمان، مؤسّسه تحقیقات جنگلها و مراتع.

۳- جعفری، رضا، (۱۳۸۰)، **ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی با تحلیل و بررسی روش FAO - UNEP و ICD، پایان نامه کارشناسی ارشد**، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۴- جوادی، محمد رضا، (۱۳۸۳)، **بررسی عوامل مؤثّر در افزایش شدّت بیابان‌زایی و ارایه‌ی مدل منطقه‌ای بیابان‌زایی در استان کرمان (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ماهان)**. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۵- خسروی، حسن، (۱۳۸۳). **کاربرد مدل مدالوس در بررسی بیابان‌زایی کاشان**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۶- خسروی، حسن، (۱۳۹۱)، **ارایه مدل پایش و سیستم هشدار اوّلیه بیابان‌زایی (مطالعه موردی: منطقه کاشان)**، رساله دکتری، دانشکده منابع، طبیعی دانشگاه تهران.

۷- درویش، محمد، (۱۳۷۹)، **نگرشی تحلیلی بر مفاهیم و دانش واژه‌های حوزه ادبیات بیابانی**، تحقیقات مرتع و بیابان، شماره ۲، مؤسّسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.

۸- ذبیحی اسرمی، علیرضا، (۱۳۸۰)، **بررسی عوامل بیابان‌زایی غرب دریاچه نمک قم و روش‌های کنترل آن**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.

۹- رفیعی امام، عمار، (۱۳۸۲)، **بررسی بیابان‌زایی دشت ورامین با تکیه بر مسایل آب و خاک**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۱۰- زهتابیان، غلامرضا، رفیعی امام، عمار، (۱۳۸۴)، **ESAs روشی جدید برای ارزیابی و تهیه نقشه حسّاسیت مناطق به بیابان‌زایی**، مجله بیابان، ۸ (۱): ۱۲۶-۱۲۰.

۱۱- طباطبائی‌فر، مهرداد، (۱۳۹۲)، **پایش بیابان‌زایی و ارایه سیستم هشدار بیابان‌زایی**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان.

۱۲- فتاحی، محمد مهدی، (۱۳۸۷)، **بررسی روند بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های سنجش از دور با تأکید بر تغییرات استفاده از اراضی و تغییرات کمّی و کیفی منابع آب**، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۶ (۲): ۲۵۳- ۲۳۴.

۱۳- گرنجر، آ، (۱۳۷۴)، **"کویرزایی- چگونه مردم کویر می‌سازند- چگونه آنرا متوقف می‌سازند، چرا این کار را نمی‌کنند."** (ترجمه) عبالمجید ثامنی، انتشارات دانشگاه شیراز.

۱۴- مخدوم، مجید.، درویش صفت، علی اصغر، جعفرزاده، هورفر، مخدوم، عبدالرضا، (۱۳۸۰)، **ارزیابی و برنامه‌ریزی محسط زیست با سامانه‌های اطّلاعات جغرافیایی (GIS)**، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۵- مسعودی، ریحانه، (۱۳۸۹)، **سیستم هشدار اوّلیه بیابان‌زایی براساس دو فاکتور آب و اقلیم (مطالعه موردی: دشت کاشان)**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۱۶- مشکوه، محمد علی، (۱۳۷۷)، **روش موقّت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی** (ترجمه)، انتشارات مؤسّسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.

۱۷- مقصودی، محمد، (۱۳۷۹)، **کاربرد GIS و سنجش از دور در شناخت بیابان‌زایی** (ترجمه)، (مطالعه موردی: پاتاگونیای آرژانتین) نشریه نقشه برداری، سال ۱۱، شماره ۴.

۱۸- ناطقی، سعیده.، زهتابیان، غلامرضا، احمدی، حسن، (۱۳۸۸)، **ارزیابی شدّت بیابان‌زایی دشت سگزی با بهره‌گیری از مدل IMDPA**. نشریه مرتع و آبخیز، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۲ (۳): ۴۳۰-۴۱۹.

۱۹- نگارش، حسین، فلاح فیروزآباد، حسن، خسروی، محمود، (۱۳۹۰)، **تجزیه و تحلیل ناهنجاری‌های اقلیمی مؤثّر بر فرآیند بیابان‌زایی در منطقه خضرآباد یزد**، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۴۳ (۳): ۹۴-۶۹.

20- Babaev, A.G., 1985. ***Methodological Principals of Desertification processes Assessment and Mapping. Turkme****nistan: Desert Research Institute.*

21- DESERTLINKS., 2001. ***Internal Preliminary Report, MEDALUS office****, Leeds University,England.*

22- FAO., 1981. ***Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification****, Food and Agriculture Organization of the United Nations and United Nations Environment Programme, Itlaly: Rome, 84 pp.*

23- Kates, R.W., D.L. Johnson. and Johnson Haring, K., 1977. ***Population, society and Desertification****, Nairobi: Report of UNCOD A/CONF, 748 pp.*

24- Kharin, Na.,1985. ***Methodology Prriciples of Desertification Assessment and Mapping ashkobad****.*

25- Kosmas, C., Poesen, J. and Briassouli, H., 1999. ***Key indicators of desertification at the Environmentally Sensitive Areas (ESA) scale****, in: Kosmas, C., Kirkby, M., Geeson, N. (Eds.), The Medalus project: Mediterranean desertification and land use, Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification, Project report, European Commission, 88 pp.*

26- Mabbut, J.A., 1978. ***The impact of desertification as revealed by mapping****, Environmental Conservation, 5 (1): 45.*

27- Sen, A. K. and sharma, K. D., 1995. ***Causative Agents indicators of Monitoring and Desertification in ASIA and the pacific region scientific publishers Jodhpur*** *(INDIA), pp: 41-58.*

28- Sluiter, R., 1998. ***Desertification and Grazing on South Crete, a model approach*** *(DeMon-2), Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Science, University of Utrecht, 107 pp.*

*29- Wehmeier, E., 1980****. Desertification processes and groundwater utilization in the northern Nefzaoua. Tunisia****: Stuttgarter Geographische Studien. No: 95, 43-125 pp.*