مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴
ص ۲۴۷-۲۶۷

تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۰۴/۲۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۱۰/۳۰

ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA (مطالعهٔ موردی: دشت شهر بابک، استان کرمان)

❖ **افشین جهانشاهی؛** دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
❖ **علیرضا مقدم‌نیا؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
❖ **حسن خسروی*؛** استادیار دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

برای ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی تا کنون تحقیقات بسیار زیادی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته و این تحقیقات به ارائهٔ مدل‌های منطقه‌ای فراوانی منجر شده است. به منظور ارائهٔ یک مدل منطقه‌ای و ارزیابی کمّی وضعیت فعلی بیابان‌زایی، دشت شهر بابک با وسعت ٤١١٢ کیلومتر مربع در شمال غرب استان کرمان انتخاب شد. در این تحقیق برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از سیزده شاخص- پنج شاخص مبتنی بر آب زیرزمینی شامل هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کلر، میزان افت، و عمق آب زیرزمینی، سه شاخص مبتنی بر داده‌های اقلیمی شامل بارش سالیانه، ضریب خشکی ترانسوا، و شاخص خشک‌سالی و سه شاخص مبتنی بر پوشش گیاهی شامل وضعیت، بهره‌برداری، و تجدید پوشش گیاهی و فرسایش آبی و شیوهٔ آبیاری در قالب مدل ایرانی بیابان‌زایی IMDPA- به بررسی و تعیین کلاس شدت بیابان‌زایی در هر یک از واحدهای کاری پرداخته شد. امتیاز نهایی مربوط به هر یک از واحدهای کاری و سپس در کل منطقه از میانگین هندسی هر یک از شاخص‌های مذکور تعیین شد. در نهایت، وضعیت فعلی شدت بیابان‌زایی منطقه در کلاس کم، متوسط، شدید، و بسیار شدید برآورد شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد در مدل پیشنهادی منطقه‌ای در منطقهٔ مورد مطالعه از نظر شدت بیابان‌زایی در حدود ٦١٣٥١ هکتار (١٤٫٩٢ درصد) در کلاس کم، ١٣٨٥٧٥ هکتار (٣٣٫٧ درصد) در کلاس متوسط، ١١٧٦٨٥ هکتار (٢٨٫٦٢ درصد) در کلاس شدید، و ٩٣٥٨٩ هکتار (٢٢٫٧٦ درصد) در کلاس بسیار شدید قرار دارند. همچنین، متوسط وزنی ارزش کمّی در کل منطقه ٢٫٠٦ برآورد شد که بیانگر وجود کلاس بیابان‌زایی متوسط در منطقه است.

واژگان کلیدی: آب زیرزمینی، بیابان‌زایی، شهر بابک، مدل IMDPA.

*. نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۳۲۲۴۹۳۱۳-۰۲۶ فاکس: ۳۲۲۴۹۳۱۳-۰۲۶
Email: hakhosravi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

ایران کشوری است پهناور که، به علت موقعیت خاص و ویژگی‌های توپوگرافیک، از آب و هوای متفاوتی برخوردار است. متوسط بارش سالیانهٔ کرهٔ زمین در حدود ۸۶۰ میلی‌متر است؛ در حالی که این عدد در کشور ایران حدود ۲۵۰ میلی‌متر، حدود یک سوم متوسط بارندگی‌های خشکی‌ها و کمتر از یک سوم بارندگی متوسط کرهٔ زمین است [۱۹، ۲۱]. به همین دلیل، بخش اعظم ایران در قلمرو آب و هوای خشک جهان قرار می‌گیرد. علاوه بر قلّت بارندگی، نوسانات شدید آن در مقیاس‌های روزانهٔ فصلی و سالانه از جمله خصوصیاتی است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تغذیهٔ جریان‌های سطحی، سفره‌های آب زیرزمینی، و مصارف انسانی می‌شود. یکی از پیامدهای تغذیهٔ ناکافی این جریان‌های سطحی و منابع آب زیرزمینی پدیدهٔ بیابان‌زایی است. بیابان‌زایی عبارت است از به‌هم‌خوردن تعادل خاک، پوشش گیاهی، هوا، و آب در مناطق دارای اقلیم خشک؛ تداوم این شرایط به کاهش یا نابودی کامل توان بیولوژیک اراضی، از بین رفتن شرایط مساعد زندگی، و افزایش مناظر ناخوشایند بیابانی منجر خواهد شد [۹]. نخستین گام در اجرای فعالیت بیابان‌زدایی جلوگیری از گسترش بیابان است که باید بر شناخت پدیده‌هایی متکی باشد که هم به طور جداگانه و هم در کنش با یکدیگر در یک ناحیه تغییراتی را به‌وجود می‌آورند و به بیابان‌زایی منجر می‌شوند. می‌توان با ارائهٔ راهکارها و روش‌های مدیریتی مناسب از شدت بیابان‌زایی کاست و نیز از گسترش و پیشروی آن جلوگیری کرد. در این راه شناخت فرایندهای بیابان‌زایی و عوامل به‌وجودآورنده و تشدیدکنندهٔ آن و همچنین آگاهی از شدت و ضعف این فرایندها و عوامل و شاخص‌ها به منظور ارائهٔ یک مدل برای نشان‌دادن شدت بیابان‌زایی و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن برای جلوگیری از گسترش فاکتورهای بیابان‌زایی ضرورت دارد [۲]. برای ارزیابی پدیدهٔ بیابان‌زایی و ارائهٔ راهکارهای مطلوب جهت مهار آن مدل‌های زیادی ارائه شده که در بیشتر این مدل‌ها معیار آب زیرزمینی یکی از عوامل مؤثر در شدت بیابانی‌شدن منطقه در نظر گرفته نشده است.

در مدل FAO-UNEP (1984) [۹] فرسایش آبی، فرسایش بادی، و شورشدن خاک فرایندهای اصلی و کاهش مواد آلی، سله‌بستن، و تجمع مواد سمّی فرایندهای فرعی بیابان‌زایی در نظر گرفته شده‌اند. در این روش شدت بیابان‌زایی از جمع عوامل انسانی (فشار دام و انسان بر محیط زیست) و عوامل طبیعی (وضعیت فعلی، سرعت، و استعداد) محاسبه می‌شود که از اِشکالات این روش است، زیرا نقش عوامل محیطی و انسانی و تأثیر آن‌ها در بیابان‌زایی یکسان نیست و ارزش‌گذاری مشابه آن‌ها در تبیین شدت بیابان‌زایی نمی‌تواند صحتِ مطلوبی داشته باشد. همچنین، در این روش، تخریب منابع آب به‌ویژه افت سفرهٔ آب زیرزمینی، که در ایجاد شرایط بیابانی خیلی مؤثر است، در نظر گرفته نشده است. بنابراین، به‌کارگیری آن در مناطق مختلف خالی از اِشکال نیست. ذاکری‌نژاد و دیگران [۲۵] و اختصاصی و مهاجری [۷] روشی را معرفی کردند که در سال

Archive of SID

www.SID.ir

۱۹۹۵ با نام اختصاری ICD[1] به‌ثبت رسید. در این مدل نیز شدت بیابان‌زایی از جمع عوامل انسانی، محیطی، و شاخص‌های بیابان‌زایی نتیجه گرفته شده است. این مدل، علاوه بر عوامل مذکور، که به معیارهای تخریب منابع آب از جمله میزان پمپاژ، افت سفره، آبیاری غلط، و افزایش سطح ایستابی نیز اشاره کرده، نسبت به روش قبلی در مورد تخریب منابع آب برتری دارد. از اِشکالات این روش این است که شاخص‌های تخریب منابع آب در آن محدود است و به صورت کلی و کیفی ارائه شده و در مقیاس محلی و کوچک دارای صحت بیشتری است. در زمینهٔ ارزیابی شدت بیابان‌زایی در داخل و خارج از کشور تحقیقات متعددی انجام شده است؛ به اختصار به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود:

در مطالعه‌ای به ارزیابی آب‌های زیرزمینی با شاخص هدایت الکتریکی، میزان کلر، نسبت جذب سدیمی، سطح ایستابی آب در منطقهٔ فیدویه-گرمشت با مدل MEDALUS[2] اصلاح‌شده پرداخته شد. نتایج نشان داد در حدود ۳۸ درصد از منطقه در وضعیت متوسط، ۹ درصد در کیفیت بالا، و ۵۳ درصد از منطقه در وضعیت نامناسب کیفی است که خود از عوامل اصلی بیابان‌زایی به‌شمار می‌آید [۲۲].

در مطالعه‌ای در حوضهٔ آبخیز ماهان واقع در ۳۰ کیلومتری شهر کرمان از دو مدل FAO-UNEP و ICD استفاده شد. بدین منظور، نخست، بر اساس مطالعات ژئومورفولوژی، واحدهای کاری تعیین شد. سپس، روش پیشنهادی در هر یک از واحدهای کاری و کل منطقه ارزیابی شد؛ به طوری که از جنبه‌های مختلف بیابان‌زایی فقط وضعیت فعلی آن همراه با عوامل انسانی و محیطی بالقوه مؤثر مربوطه در چهار کلاس (ناچیز و کم، متوسط، شدید، و بسیار شدید) بررسی شد. بررسی متوسط وزنی ارزش کمّی عوامل بیابان‌زایی غالب‌بودن عامل محیطی بالقوه را نسبت به عامل انسانی تأیید می‌کند؛ به طوری که ارزش کمّی عامل محیطی ۱۹٫۶۶ و ارزش کمّی عامل انسانی ۱۲٫۵۳ (متوسط) برآورد شد. همچنین، متوسط ارزش کمّی معیار فرسایش بادی برای کل منطقه حدود DS=۱۴٫۴۹ محاسبه شد که نشان‌دهندهٔ آن است که منطقه در کلاس متوسط قرار گرفته است [۲۶].

در مطالعه‌ای، به منظور بررسی و تهیهٔ نقشهٔ شدت بیابان‌زایی بر اساس مدل IMDPA[3]، با تکیه بر دو معیار آب و خاک در منطقهٔ ابوزیدآباد، مشخص شد که از بین شاخص‌های مورد بررسی هدایت الکتریکی خاک و پس از آن هدایت الکتریکی آب به‌ترتیب با متوسط وزنی ۳٫۶۷ و ۲٫۸ بیشترین تأثیر و شاخص‌های افت آب زیرزمینی، نسبت جذب سدیم، و غلظت کلر همگی با متوسط وزنی یک کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارند. در پایان ارزش کمّی شدت بیابان‌زایی برای کل منطقهٔ مورد مطالعه DS=۱٫۶۲ محاسبه شد که با مقایسهٔ این مقدار با طبقه‌بندی رایج در IMDPA کلاس بیابان‌زایی برای کل منطقه متوسط برآورد شد [۱].

در مطالعه‌ای با مدل IMDPA، با تأکید 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 [۱۸].

1. Iranian Classification of Desertification
2. Mediterian Desertification and Land Use
3. Iranian Model Desertification Potential Assessment

Archive of SID
www.SID.ir

در مطالعه‌ای در منطقهٔ طشک 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 به‌دست‌آمدهٔ نقشهٔ شدت بیابان‌زایی به‌دست 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 بیابانی‌شدن این اراضی دارند [۸].

در تحقیقی برای ارزیابی بیابان‌زایی منطقهٔ سیسیل ایتالیا با روش MEDALUS، با توجه به شرایط منطقه، چهار شاخص خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، و مدیریت اراضی ـ که پارامترهای کلیدی بیابان‌زایی در منطقهٔ مطالعاتی‌اند ـ در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل این روش نشان داد که در بیش از ۵۰ درصد منطقه حساسیت به بیابان‌زایی تا متوسط است [۱۰].

در تحقیقی با بررسی حساسیت اراضی به تخریب با استفاده از مدل ESAs در جنوب غرب اسپانیا نقشهٔ بیابان‌زایی تهیه شد و طی این تحقیق مشخص شد استفاده از این مدل نسبت به سایر مدل‌ها بهتر و با شرایط طبیعی سازگارتر است [۱۶].

در تحقیقی با بررسی ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA در دشت گرمسار، با استفاده از پارامترهای مربوط به کشاورزی و آب زیرزمینی (افت، EC، SAR، و Cl) مشخص شد تأثیرگزارترین عامل در فرایند بیابانی‌شدن عوامل کشاورزی با میانگین هندسی ۲٫۲۷ است. در پایان از مساحت کل منطقه ۸۳٫۲ کیلومتر مربع در طبقهٔ متوسط و ۲۳۶٫۸ کیلومتر مربع در طبقهٔ کم از لحاظ شدت بیابانی‌شدن قرار گرفتند. [۲۶].

در تحقیقی در دشت سگزی اصفهان با استفاده از مدل مدالوس و معیارهای اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و آب زیرزمینی، فرسایش آبی، فرسایش بادی و مدیریت اراضی در قالب مدل مدالوس بررسی شد. نتایج نشان داد ۱٫۷ درصد از منطقه در کلاس بیابان‌زایی متوسط، ۳۴٫۹ درصد آن در کلاس بیابان‌زایی شدید، و ۶۳٫۵ درصد آن در کلاس بسیار شدید قرار دارد [۶].

از اهداف این تحقیق، به‌کارگیری و استفاده از نتایج این مطالعه در امور برنامه‌ریزی بلندمدت و میان‌مدت مقابله با بیابان‌زایی است که با لحاظ‌نمودن این عوامل در برنامه‌ریزی اجرایی و اولویت‌بندی و مشخص کردن مناطق دارای استعداد بیابانی‌شدن، جهت مقابله با توسعهٔ پدیدهٔ بیابان‌زایی در منطقهٔ مورد مطالعه به‌کار رود.

تحقیقات انجام‌گرفته در زمینهٔ روند بیابان‌زایی نشان می‌دهد که درصد فراوانی و شدت وقوع این پدیدهٔ اقلیمی مخرب در کشور بسیار بالاست و استان کرمان، به علت داشتن اقلیم خشک و نیمه‌خشک، دچار این پدیده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود، در بیشتر مطالعات داخلی معیار آب و آبیاری ارزیابی شده است، اما، در مدل‌های خارجی، با توجه به اینکه در آن مناطق مشکل کمّیت و کیفیت منابع آب وجود ندارد، کمتر به آن پرداخته شده است.

Archive of SID

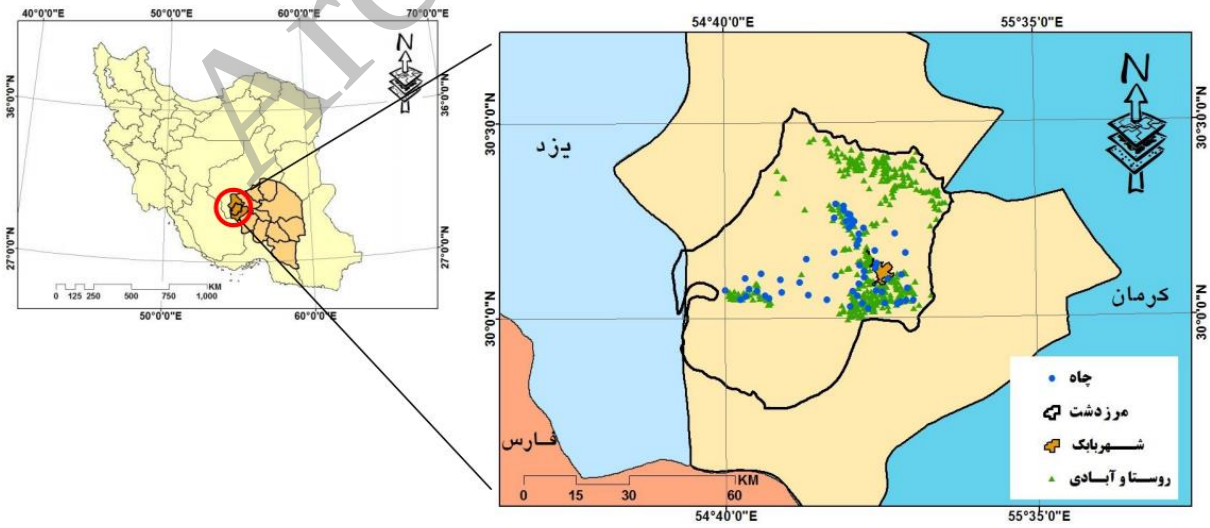
www.SID.ir

بنابراین، واردکردن شاخص‌های معیار آب زیرزمینی می‌تواند مشخص‌کنندهٔ وضعیت منابع آب زیرزمینی در بررسی پدیدهٔ بیابان‌زایی باشد. در این تحقیق، به دلیل اهمیت منابع آب زیرزمینی در دشت‌های استان کرمان، از روش طبقه‌بندی بیابان‌زایی در ایران (IMDPA)، بر اساس ارزیابی و ارزش‌دهی شاخص‌های معیار آب زیرزمینی و دیگر شاخص‌های مؤثر در فرایند بیابان‌زایی، در دشت شهر بابک واقع در شمال غرب استان کرمان استفاده شد و نقشهٔ بالفعل بیابان‌زایی منطقه از جنبهٔ آب زیرزمینی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی ترسیم شد.

۲. روش‌شناسی تحقیق

۱.۲. منطقهٔ مورد مطالعه

دشت شهر بابک در ناحیهٔ شمال غرب استان کرمان در حوضهٔ آبخیز ابرقوی سیرجان بین طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۴۷ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۳ دقیقهٔ شمالی واقع شده است و از شمال به شهرستان یزد، از شرق به شهرستان رفسنجان، و از جنوب و غرب به استان فارس محدود می‌شود. حداکثر ارتفاع حوضه در ناحیهٔ شمالی ۳۴۴۰ متر و گودترین نقطهٔ آن در خروجی حوضه ۱۵۳۰ متر است. این محدوده دارای وسعتی حدود ۴۱۱۲ کیلومتر مربع است و حدود ۶۹ درصد آن دشت آبرفتی است [۱۲]. با اخذ آمار به‌دست‌آمده از سال‌نامهٔ آماری سال ۱۳۹۱ از ادارهٔ هواشناسی استان کرمان، مشخص شد که جمع بارندگی سالانه در سال آبی ۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۱ برابر با ۱۱۳٫۲ میلی‌متر است که ۲۳٫۳ درصد از مقدار میانگین بلندمدت بارش کمتر است و میانگین دمای سال آبی ۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۱ برابر با ۱۵٫۴ درجهٔ سانتی‌گراد است که یک درصد از میانگین دمای بلندمدت بیشتر است [۱۷]. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن از نوع نیمه‌خشک است. شکل ۱ موقعیت دشت شهر بابک را در نقشهٔ ایران و استان کرمان نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت دشت شهر بابک در استان کرمان

Archive of SID
www.SID.ir

۲.۲. روش تحقیق

مدل IMDPA (مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی) یکی از جدیدترین مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی است. سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور با کمک گروهی از استادان و محققان کشور در پروژه‌ای با عنوان «تدوین شرح خدمات و متدولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی» در سال ۱۳۸۴ این مدل را ارائه کردند [۲۷]. این مدل به منظور شناخت معیارها و شاخص‌های مؤثر بر شدت بیابان‌زایی طراحی شد. در این مدل نُه معیار کلی برای شناسایی وضعیت موجود بیابان‌زایی در سطح کشور در نظر گرفته شد که عبارت‌اند از: اقلیم، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی، کشاورزی، فرسایش آبی و بادی، اقتصادی- اجتماعی، و توسعهٔ شهری- صنعتی. نخست بالغ بر ۱۲۰ شاخص برای مجموع معیارها درنظر گرفته شد، اما در نهایت ۳۴ شاخص (به طور متوسط ۳ ـ ۴ شاخص برای هر معیار) لحاظ شد [۴، ۲۳، ۲۸].

کلاس‌های هر یک از شاخص‌ها و نیز نقشهٔ نهایی بیابان‌زایی در چهار کلاس خطر کم (ناچیز)، خطر متوسط، خطر شدید، و خیلی شدید است (جدول ۱)؛ بدین صورت که به هر لایه بر اساس تأثیر آن بر بیابان‌زایی با توجه به بررسی منابع و نظریات کارشناسی و با توجه به شرایط منطقه وزنی بین ۱ تا ۴ داده شد و شیوهٔ وزن‌دهی برابر است؛ به طوری که ارزش یک بهترین و ارزش چهار بدترین وزن بوده است [۲۵]. در این روش هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های مذکور طبق رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید:

(۱)

$$W_X = (w_1 \times w_2 \times \ldots \times w_n)^{1/n}$$

که در آن W_x امتیاز مربوط به هر معیار، W (از ۱ تا n) امتیازهای مربوط به هر شاخص، و n تعداد شاخص‌هاست. در پایان امتیاز وضعیت بیابان‌زایی (D_S) نیز با محاسبهٔ میانگین هندسی امتیاز معیارهای تعیین‌شده به‌دست می‌آید و کلاس بیابان‌زایی هر واحد کاری و، به تبع آن، کل منطقه مشخص می‌شود. جدول ۱ کلاس‌های شدت بیابان‌زایی هر معیار در مدل IMDPA و جدول‌های ۲ تا ۶ امتیازات مربوط به شاخص‌های مورد بررسی را، که برای بررسی در منطقه انتخاب شده‌اند، نشان می‌دهد.

جدول ۱. کلاس‌های شدت بیابان‌زایی هر معیار در مدل IMDPA

طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی	علامت	دامنهٔ ارزش عددی
کم	۱	۱٫۵ ـ ۰
متوسط	۲	۲٫۵ ـ ۱٫۵۱
شدید	۳	۳٫۵ ـ ۲٫۵۱
بسیار شدید	۴	۴ ـ ۳٫۵۱

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. شاخص‌های معیار اقلیمی و تعیین امتیاز در روش IMDPA

شاخص ارزیابی	کلاس	غیرقابل ملاحظه	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
	امتیاز	۱ ـ ۰٫۰۱	۱٫۵ ـ ۱٫۰۱	۲٫۵ ـ ۱٫۵۱	۳٫۵ ـ ۲٫۵۱	۴ ـ ۳٫۵۱
بارش سالانه (میلی‌متر)		≥ ۶۰۰	۶۰۰ ـ ۲۸۰	۲۸۰ ـ ۱۵۰	۱۵۰ ـ ۷۵	<۷۵
شاخص خشک‌سالی ترانسوا		>۰٫۶۵	۰٫۶۵ ـ ۰٫۴۵	۰٫۴۵ ـ ۰٫۲	۰٫۲ ـ ۰٫۰۵	<۰٫۰۵
شاخص خشک‌سالی		۷	۶ ـ ۵	۴	۳-۲	۱
استمرار خشک‌سالی		کمتر از ۳ سال	۳ تا ۴ سال	۵ تا ۶ سال	۶ تا ۷ سال	بیشتر از ۷ سال

جدول ۳. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار نوع و تراکم فرسایش آبی در اقلیم نیمه‌خشک

ویژگی شاخص	امتیاز	ویژگی شاخص	امتیاز	ویژگی شاخص	امتیاز	ویژگی شاخص	امتیاز
نوع I با تراکم کمتر از ۵۰ درصد	۱	نوع I با تراکم ۵۰ ـ ۶۰ درصد	۱	نوع I با تراکم ۶۰ ـ ۷۵ درصد	۱	نوع I با تراکم بیش از ۷۵ درصد	۲
نوع II با تراکم کمتر از ۵۰ درصد	۱	نوع II با تراکم ۴۰ ـ ۵۰ درصد	۱	نوع II با تراکم ۵۰ ـ ۶۰ درصد	۲	نوع II با تراکم بیش از ۶۰ درصد	۲
نوع III با تراکم کمتر از ۵۰ درصد	۱	نوع III با تراکم ۳۰ ـ ۴۰ درصد	۱	نوع III با تراکم ۴۰ ـ ۵۰ درصد	۲	نوع III با تراکم بیش از ۵۰ درصد	۲
نوع IV با تراکم کمتر از ۲۰ درصد	۱	نوع IV با تراکم ۲۰ ـ ۳۰ درصد	۲	نوع IV با تراکم ۳۰ ـ ۴۰ درصد	۳	نوع IV با تراکم بیش از ۴۰ درصد	۳
نوع V با تراکم کمتر از ۱۵ درصد	۱	نوع V با تراکم ۱۵ ـ ۲۰ درصد	۲	نوع V با تراکم ۲۰ ـ ۳۰ درصد	۳	نوع V با تراکم بیش از ۳۰ درصد	۴

جدول ۴. مبنای امتیازدهی شاخص آبیاری و کیفیت آب (سیاست و مدیریت)

کاربری	شاخص	شرح	امتیاز
کشاورزی	شیوهٔ آبیاری	سیستم تحت فشار مدرن متکی بر برنامه‌ریزی رایانه‌ای	۱٫۵ ـ ۰
		سیستم تحت فشار کلاسیک (سنتی)	۲٫۵ ـ ۱٫۶
		سیستم مدرنیزه‌شده (سیفون، گسیلند، دریچه‌ای، سوراخ‌دار)	۳٫۵ ـ ۲٫۶
		سنتی با طراحی بهینه (ابعاد کرت، نشتی، دبی، طول عرض نشتی، فاصله، شکل کرت)	۴ ـ ۳٫۴۶

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار پوشش گیاهی

شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنهٔ امتیازدهی			
	۰ ـ ۱٫۵ (کم)	۱٫۶ ـ ۲٫۵ (متوسط)	۲٫۶ ـ ۳٫۵ (شدید)	۳٫۶ ـ ۴ (بسیارشدید)
وضعیت پوشش گیاهی	گونه‌های مهاجم کمتر از ۵ درصد ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهند و کمتر از ۲۵ درصد ترکیب گیاهی از گونه‌های یک‌ساله است	گونه‌های مهاجم ۵ ـ ۲۰ درصد ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهند و کمتر از ۲۵ ـ ۵۰ درصد ترکیب گیاهی از گونه‌های یک‌ساله است	گونه‌های مهاجم ۲۰ ـ ۵۰ درصد ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهند و اکثر پوشش گیاهی منطقه یک‌ساله است	گونه‌های مهاجم بیش از ۵۰ درصد از ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهند و پوشش گیاهی منطقه از گیاهان یک‌ساله است
	درصد پوشش تاجی دائمی بیش از ۳۰ درصد	درصد پوشش تاجی دائمی ۱۵ ـ ۳۰ درصد	درصد پوشش تاجی دائمی ۵ ـ ۱۵ درصد	درصد پوشش تاجی دائمی کمتر از ۵ درصد
بهره‌برداری از پوشش گیاهی	آثار بوته‌کنی مشاهده نمی‌شود	قطع بوته‌ها، درختچه‌ها، و درختان نسبتاً زیادتر از بیوماس سالانه	قطع بوته‌ها، درختچه‌ها، و درختان زیاد و کاملاً محسوس	قطع بی‌رویهٔ بوته‌ها، درختچه‌ها، و درختان در حال حاضر یا گذشتهٔ نه‌چندان دور
	چرای متعادل یا کمتر از ظرفیت و در فصل مناسب	مازاد دام تا ۲۵ درصد بیش از ظرفیت چرا	مازاد دام ۲۵ تا ۵۰ درصد بیش از ظرفیت چرا	مازاد دام بیش از ۵۰ درصد بیش از ظرفیت چرا
تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات به صورت طبیعی انجام می‌شود	تجدید حیات با هزینهٔ کم امکان‌پذیر است	تجدید حیات با هزینهٔ زیاد امکان‌پذیر است	تجدید حیات بسیار مشکل یا غیرممکن و توجیه‌ناپذیر اکولوژیکی-اقتصادی
	نیازی به عملیات اصلاحی نیست	عملیات احیای پوشش تا کنون مؤثر بوده است	عملیات اصلاحی انجام‌شده نسبتاً موفق بوده است	عملیات اصلاح و احیای پوشش انجام‌شده نسبتاً موفق نبوده است

جدول ۶. شاخص‌های معیار آب زیرزمینی و تعیین امتیاز در روش IMDPA

شاخص ارزیابی	کلاس	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
	امتیاز	۱ ـ ۱٫۵	۱٫۵۱ ـ ۲٫۵	۲٫۵۱ ـ ۳٫۵	۳٫۵۱ ـ ۴
افت (Cm/y)		<۲۰	۲۰ ـ ۳۰	۳۰ ـ ۵۰	>۵۰
EC (dS/m)		<۷۵۰	۷۵۰ ـ ۲۲۵۰	۲۲۵۰ ـ ۵۰۰۰	>۵۰۰۰
SAR (µmhos/Cm)		<۱۸	۱۸ ـ ۲۶	۲۶ ـ ۳۲	>۳۲
Cl (meq/l)		<۲۵۰	۲۵۰ ـ ۵۰۰	۵۰۰ ـ ۱۵۰۰	>۱۵۰۰
عمق آب زیرزمینی (m)		<۵	۵ ـ ۱۰	۱۰ ـ ۲۵	>۲۵

Archive of SID

www.SID.ir

به منظور دست‌یابی به هدف این پژوهش برای مشخص‌کردن شدت بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه و همچنین ارائهٔ یک مدل منطقه‌ای بیابان‌زایی بر اساس مدل IMDPA، مراحل پیوسته‌ای به شرح ذیل انجام شد:

ـ تجزیه و تحلیل روش IMDPA و بررسی مطالعات بیابان‌زایی به کمک این مدل در ایران به منظور بررسی میزان تطابق نتایج با شرایط منطقه و آگاهی از میزان دقت و سهولت به‌کارگیری این مدل؛

ـ تهیه و بررسی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی‌شده، مطابقت آن‌ها با عکس‌های هوایی منطقه، و، در نهایت، تلفیق نقشه‌های زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی، توپوگرافی، مورفولوژی، و کاربری اراضی برای تهیهٔ نقشهٔ واحد کاری؛

ـ جمع‌آوری اطلاعات و آمار مختلف در زمینهٔ کیفیت آب زیرزمینی، هواشناسی، پوشش گیاهی، و فرسایش؛

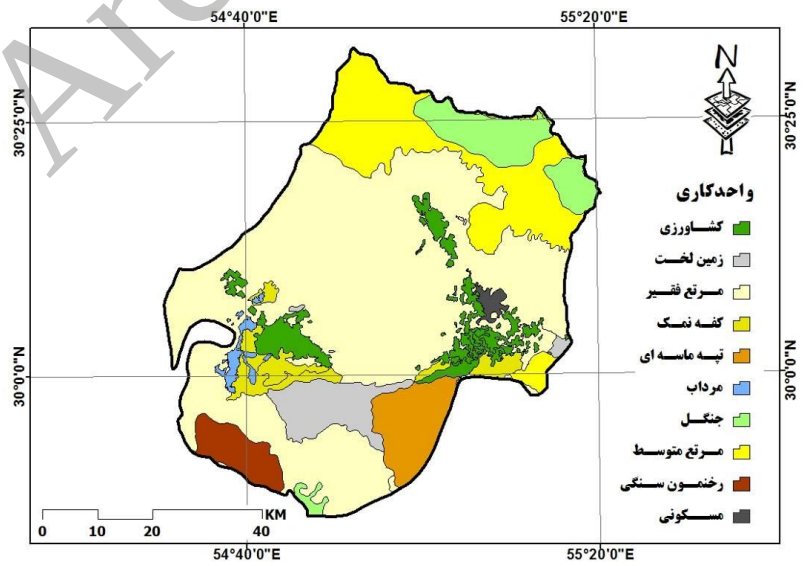
ـ تعیین شاخص‌های مورد بررسی و تطابق پارامترهای مورد بررسی با شرایط منطقه به کمک بازدیدهای میدانی؛

ـ ارزش‌دهی به شاخص‌ها با توجه به مدل مورد بررسی در هر واحد کاری.

۱.۲.۲. تعیین واحد کاری

نخستین اقدام برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از روش مذکور تعیین واحد کاری است. ذکر این نکته لازم است که تعیین واحد کاری باید با توجه به رخساره‌های ژئومورفولوژیک باشد، ولی با بررسی عکس‌های هوایی و مطالعات توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، و همچنین بازدیدهای منطقه‌ای مشخص شد که منطقهٔ مورد مطالعه در دو واحد ژئومورفولوژیک ـ یعنی دشت‌سر و کوهستان ـ قرار گرفته است؛ شکل ۲ این واحدها را نشان می‌دهد.

شکل ۲ نقشهٔ واحدهای کاری را نشان می‌دهد. جدول ۷ مقادیر مساحت هر یک از واحدهای کاری را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشهٔ واحد کاری دشت شهر بابک

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۷. مساحت مربوط به واحدهای کاری دشت شهر بابک

مساحت (کیلومتر مربع)	نوع واحد کاری
۲۳۱٫۴۳	کشاورزی
۱۸۸٫۵۹	زمین لخت
۲۲۳۵٫۸۶	مرتع فقیر
۱۵۰٫۷۴	شوره‌زار
۱۹۱٫۸۷	تپه‌ماسه‌ای
۳۴٫۵۹	مرداب
۲۵۱٫۳۳	جنگل
۵۹۶٫۲۸	مرتع متوسط
۱۱۷٫۹۷	صخره
۲۳٫۵۴	منطقهٔ مسکونی
۴۰۲۲٫۲۲	کل دشت

۳. نتایج

جهت تعیین‌شدهٔ بیابان‌زایی در دشت شهر بابک هر معیار از متوسط وزنی شاخص‌های خود طبق رابطهٔ ۲ به‌دست آمد:

(۲)

$$D_S = W_{GW} \times W_{WE} \times W_{Ir} \times W_{Ve} \times W_{CL})^{1/5}$$

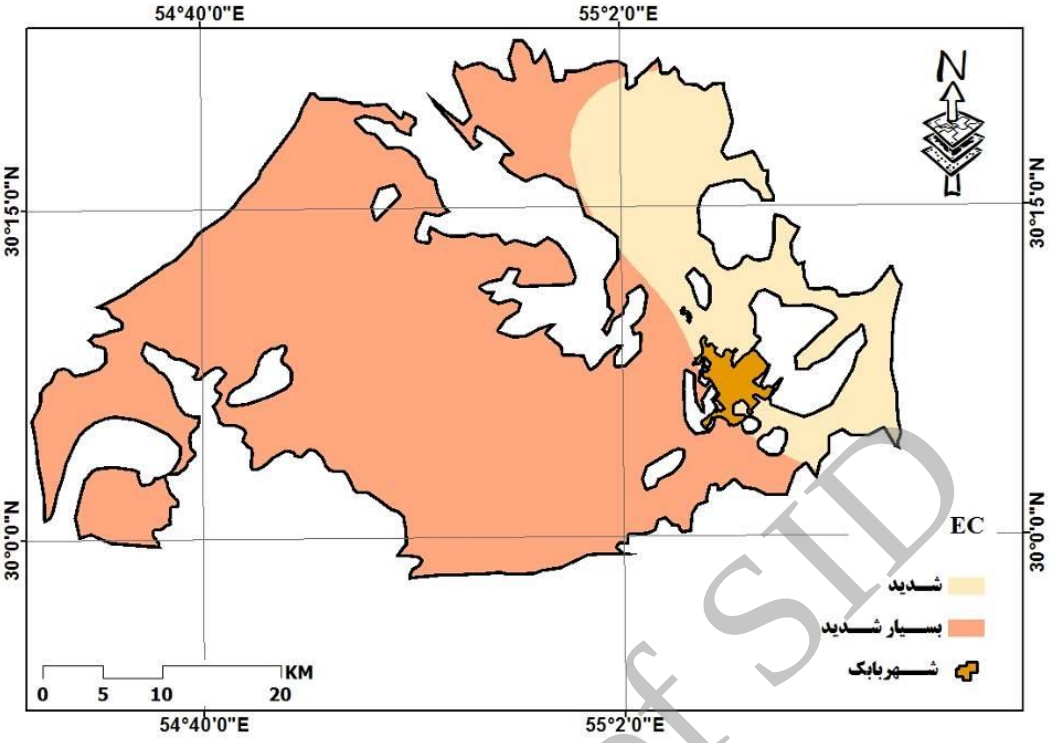
که در آن W_{GW} امتیاز معیار آب زیرزمینی، W_{WE} امتیاز معیار فرسایش آبی، W_{Ir} امتیاز معیار شیوهٔ آبیاری و کیفیت آب جهت آبیاری، W_{Ve} پوشش‌گیاهی، و W_{CL} معیار اقلیم است. در بخش‌های بعدی هر یک از این معیارها تشریح می‌شود.

۱.۳. معیار کیفیت آب زیرزمینی

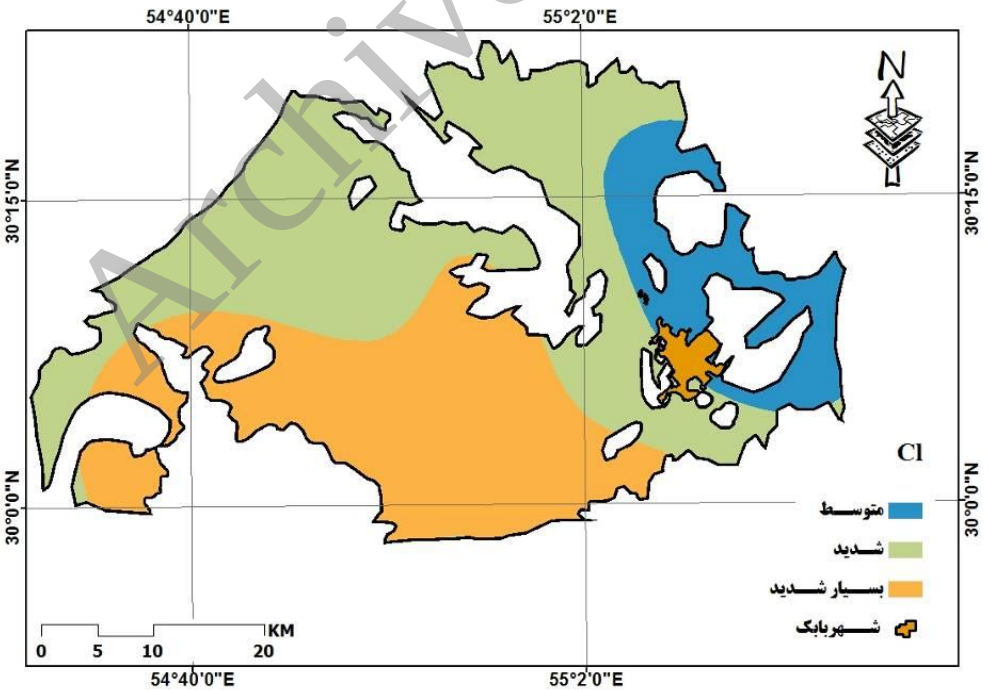
به منظور بررسی میزان EC، Cl، و SAR از آمار ۵۶ منابع چاه (منتهی به سال آبی ۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۱) واقع در دشت شهر بابک استفاده شد (شکل ۱). با توجه به این نتایج در مجموع کیفیت آب از لحاظ این پارامترها به‌شدت پایین بوده و از لحاظ شرب بر اساس استاندارد شولر بخش اعظم دشت در طبقهٔ بد (۴۶٫۴۱٪) قرار دارد [۱۲]. شکل‌های ۳ تا۵ نقشه‌های مربوط به این متغیرها را بر اساس طبقات مدل IMDPA نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

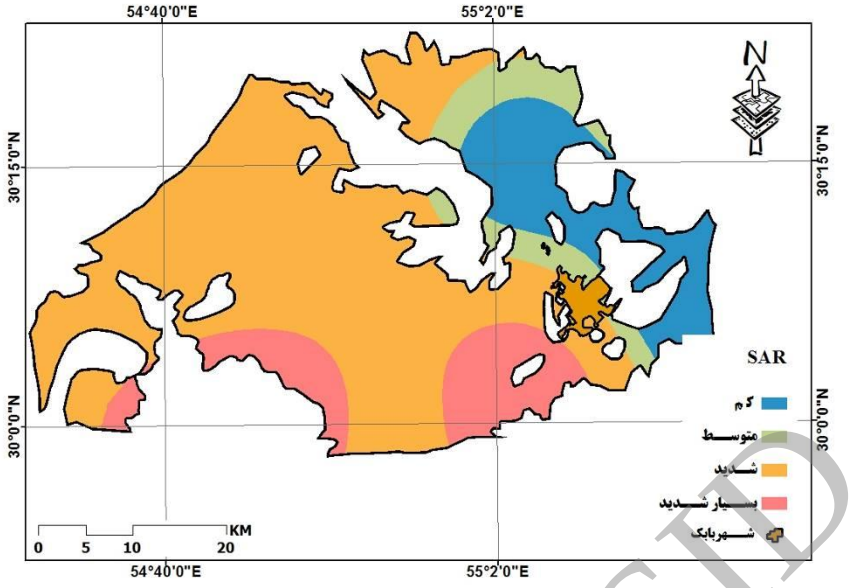


شکل ۳. نقشهٔ پهنه‌بندی EC در سال آبی ۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۱ بر اساس طبقات مدل IMDPA



شکل ۴. نقشهٔ پهنه‌بندی Cl در سال آبی ۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۱ بر اساس طبقات مدل IMDPA

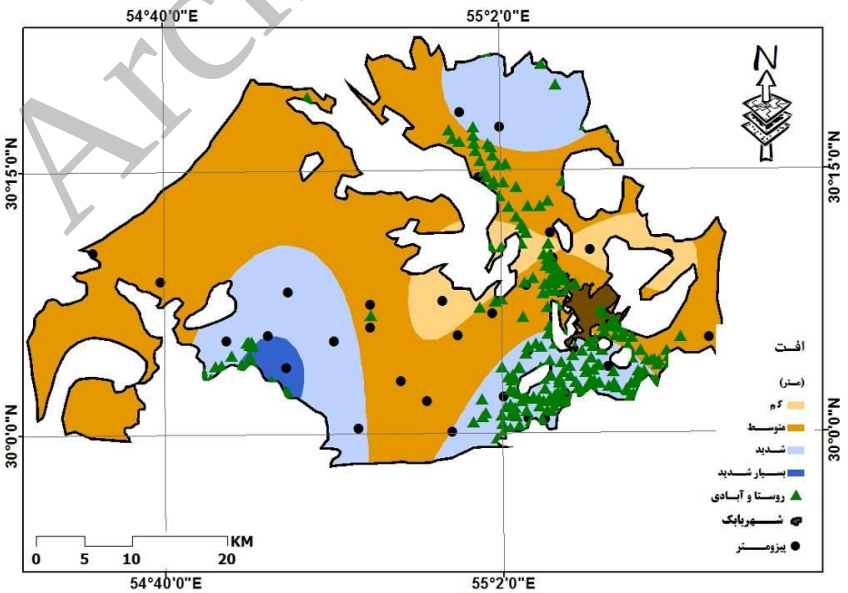
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵. نقشهٔ پهنه‌بندی SAR در سال آبی ۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۱ بر اساس طبقات مدل IMDPA

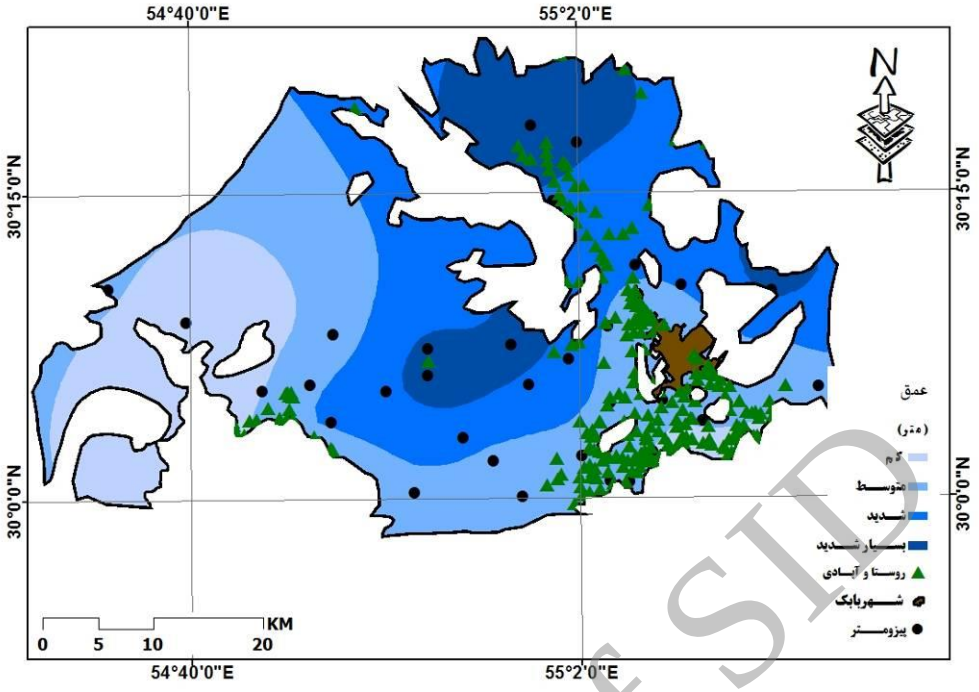
۲.۳. معیار افت آب زیرزمینی

برای بررسی افت سطح سفرهٔ آب زیرزمینی، از داده‌های ۵۰ حلقه چاه پیزومتری موجود در دشت شهر بابک، که آمار ماهانهٔ آن از ادارهٔ مطالعات سازمان آب منطقه‌ای کرمان اخذ شده، استفاده شد. شکل ۶ نقشهٔ افت سطح آب زیرزمینی مربوط به ۱۳ سال آماری (از سال ۱۳۷۸ ـ ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۱) بر اساس طبقات کلاس بیابان‌زایی مدل IMDPA همراه با چاه‌های پیزومتری مورد بررسی و موقعیت روستاها و آبادی‌ها را نشان می‌دهد. این نقشه بر اساس روش زمین‌آماری کریجینگ به‌دست آمده است.



شکل ۶. نقشهٔ افت آب زیرزمینی بر اساس طبقات مدل IMDPA

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷. نقشهٔ عمق آب زیرزمینی بر اساس طبقات مدل IMDPA

۳.۳. معیار عمق آب زیرزمینی

برای بررسی عمق سطح سفرهٔ آب زیرزمینی نیز از داده‌های ۵۰ حلقه چاه پیزومتری موجود در دشت شهر بابک استفاده شد. شکل ۷ نقشهٔ عمق سطح آب زیرزمینی مربوط به داده‌های سال آماری ۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۱ بر اساس طبقات کلاس بیابان‌زایی مدل IMDPA همراه با چاه‌های پیزومتری مورد بررسی و موقعیت روستاها و آبادی‌ها را نشان می‌دهد.

در پایان معیار آب زیرزمینی به صورت رابطهٔ ۳ محاسبه می‌شود:

(۳)

$$\text{معیار آب زیرزمینی} = (\text{شاخص عمق} \times \text{شاخص افت} \times \text{EC} \times \text{Cl} \times \text{SAR})^{1/5}$$

۴.۳. معیار فرسایش آبی

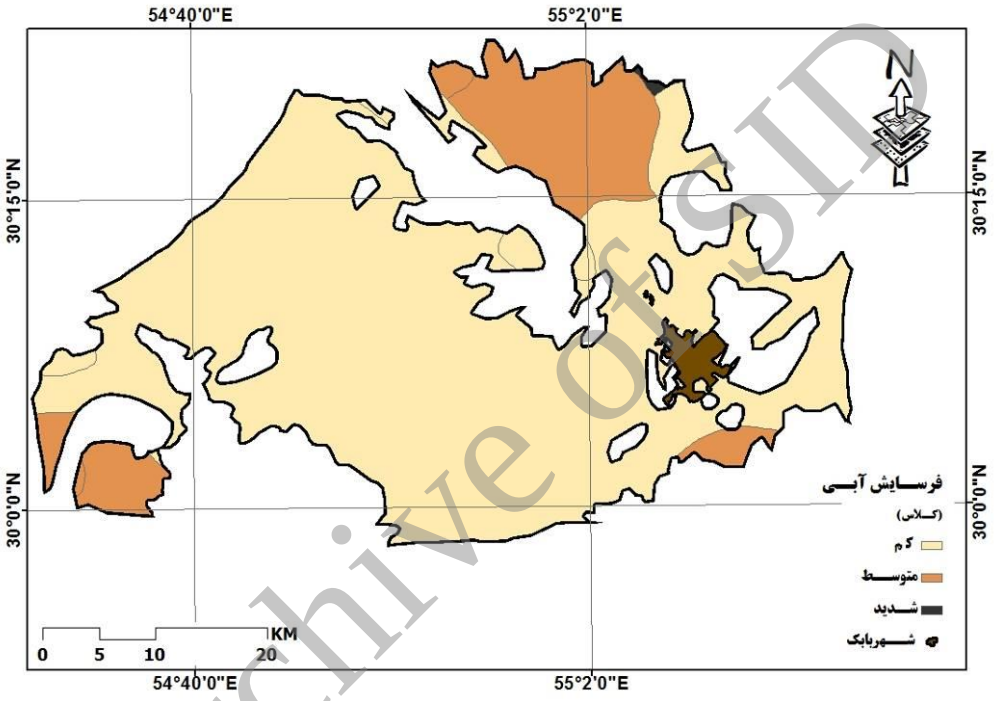
شکل ۸ نقشهٔ طبقات فرسایش آبی بر اساس مدل IMDPA را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۳، امتیاز مربوط به این معیار مشخص شد و نقشهٔ فرسایشی دشت رسم شد. بر اساس این نقشه، بخش اعظم دشت در طبقهٔ فرسایش آبی کم قرار گرفت.

۵.۳. امتیاز معیار شیوهٔ آبیاری

روش‌های آبیاری سنتی یا قدیمی، که در بسیاری از مزارع و باغ‌های دشت شهر بابک اجرا می‌شود، شامل آبیاری غرقابی و کرتی و نواری و جویچه‌ای است. با توجه به مساحت زمین‌های کشاورزی در این دشت، که ۲۳۱٫۴۳ کیلومتر مربع‌اند، ۱۱۱٫۰۸ کیلومتر مربع آن تحت آبیاری غرقابی و کرتی، ۷۱٫۷۴ کیلومتر مربع آن تحت آبیاری نواری و جویچه‌ای، و فقط ۴۸٫۶۱ کیلومتر مربع آن تحت روش‌های آبیاری نو است. با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر، روش‌های آبیاری سنتی، علاوه بر اتلاف منابع باارزش آب‌های زیرزمینی، وقت زیادی برای آبیاری می‌طلبد و در آن بیش از حد مورد نیاز محصولْ از آب استفاده

Archive of SID
www.SID.ir

می‌شود. از طرفی، بهره‌وری محصول در این روش‌ها بسیار پایین است. این در حالی است که با توجه به گزارش‌های مربوط به تحلیل روش‌ها و سیستم‌های آبیاری دشت شهر بابک [۲۴]، ۶۲ درصد آب مصرفی بخش کشاورزی در شیوهٔ سنتی آبیاری هدر می‌رود و در مقابل آبیاری با روش‌های نو (قطره‌ای و بارانی) می‌تواند بازدهی آبیاری را به ۷۵ تا ۹۵ درصد، به‌ویژه در مناطق جنوب و جنوب غربی دشت، افزایش دهد و به همین میزان ذخیرهٔ آب‌های زیرزمینی و آب سدها و بندهای اجراشده توسط ادارهٔ منابع طبیعی را می‌تواند حفظ کند. جدول ۴ امتیاز مربوط به نوع سیستم آبیاری مربوط به طبقات مدل IMDPA را نشان می‌دهد.



شکل ۸. نقشهٔ فرسایش آبی بر اساس طبقات مدل IMDPA

۶.۳. معیار پوشش گیاهی

سه شاخص وضعیت، بهره‌برداری، و تجدید حیات پوشش گیاهی برای معیار پوشش گیاهی بررسی شد؛ به گونه‌ای که فاکتور چرای دام از نظر تعداد دام موجود نسبت به ظرفیت دامی (فشار دام)، زمان و طول دورهٔ چرا و نوع دام استفاده‌کننده بسته به میزان علوفهٔ تولیدی، و نوع دام چراکننده با توجه به ترکیب پوشش و وضعیت فیزیوگرافی منطقه، شاخص بهره‌برداری از پوشش در کلاس‌های مختلفی طبقه‌بندی شد. همین طور ظاهرشدن گونه‌های مهاجم در هر منطقه معرّف بهره‌برداری شدید است [۵]. به منظور ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی از لحاظ مهیابودن یا نبودن شرایط تجدید حیات، شاخص تجدید حیات پوشش گیاهی انتخاب شد و کلاس‌های مختلف آن، با توجه به امکان‌پذیربودن یا نبودن اجرای عملیات اصلاحی، تعیین شد. امتیاز این شاخص با توجه به خصوصیات پوشش گیاهی از قبیل ترکیب گیاهی، گرایش، و وضعیت مرتع تعیین

Archive of SID
www.SID.ir

شد، زیرا با دانستن وضعیت مرتع و گرایش آن نوع عملیات اصلاحی لازم و ضروری‌بودن آن مشخص می‌شود [۱۳]. جدول ۵ نحوهٔ ارزیابی شاخص‌های این معیار را نشان می‌دهد. در نهایت، میانگین هندسی معیار پوشش گیاهی بر اساس رابطهٔ ۴ محاسبه شد.

(۴)

(معیار پوشش گیاهی = (احیا × بهره‌برداری × وضعیت)$^{1/3}$

۷.۳. معیار اقلیم

در این پژوهش برای معیار اقلیم از سه شاخص خشکی ترانسوا، بارش سالانه، و شاخص خشکی استفاده شد و اطلاعات آب و هوایی سه ایستگاه تزرج، بن‌یکه، و شهر بابک واقع در داخل و خارج از دشت شهر بابک مربوط به سال آبی ۱۳۹۰ ـ ۱۳۹۱ بررسی شد. برای بررسی روند شاخص خشکی از شاخص ترانسوا استفاده شد (رابطهٔ ۵). با توجه به مطالعات صورت‌گرفته و سابقهٔ پژوهشی که در زمینهٔ شاخص‌های خشک‌سالی وجود دارد، از دو زیر شاخص استمرار خشک‌سالی و شاخص خشک‌سالی بارندگی سالانه[1] (SIAP) استفاده شد [۱۵]. طبق این روش، دورهٔ خشک‌سالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SIAP به طور مستمر کاهش یابد و به سمت منفی برسد، و هنگامی پایان می‌یابد که SIAP مثبت شود. مقادیر تجمعی SIAP نیز، بزرگی و شدت دورهٔ خشک‌سالی را نشان می‌دهد. شاخص‌های خشکی ترانسوا، بارش سالانه، و شاخص خشک‌سالی بر اساس جدول ۶ ارزیابی شد و متوسط هندسی معیار اقلیم تعیین شد.

$$I = P/ETP \qquad (۵)$$

که در آن I شاخص خشکی، P بارش سالانه، و ETP تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه است.

(۶)

(شاخص خشک‌سالی = (زیرشاخص استمرار خشک‌سالی × زیرشاخص SIAP)$^{1/2}$

(۷)

(معیار اقلیم = (شاخص بارش سالانه × شاخص خشکی)$^{1/3}$

$$SIAP = (pi - p) \times 100 / sd \qquad (۸)$$

که در آن pi مقدار بارندگی در سال مورد نظر، p متوسط درازمدت بارندگی سالانه، و sd انحراف معیار از داده‌های بارندگی است.

پس از تهیهٔ ۱۳ لایه رستری شاخص‌های مربوط به معیارهای مورد بررسی، از تلفیق لایه‌های مربوط به هر معیار لایه‌های مورد مطالعه به‌دست آمد. به عبارت دیگر، در این روش هر معیار از متوسط هندسی شاخص‌های خود از طریق رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید [۳]. در پایان، پس از تهیهٔ لایه‌های مربوط به معیارهای مورد مطالعه، از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی پنج معیار ـ آب زیرزمینی، اقلیم، فرسایش آبی، پوشش گیاهی، شیوهٔ آبیاری و کیفیت آب جهت آبیاری ـ در محیط ArcGIS 10 نقشهٔ نهایی وضعیت (شدت) بیابان‌زایی (شکل ۹) به‌دست آمد و با توجه به جدول ۱ طبقه‌بندی شد. جدول ۸ متوسط وزنی ارزش‌های کمّی شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی را نشان می‌دهد.

(۹)

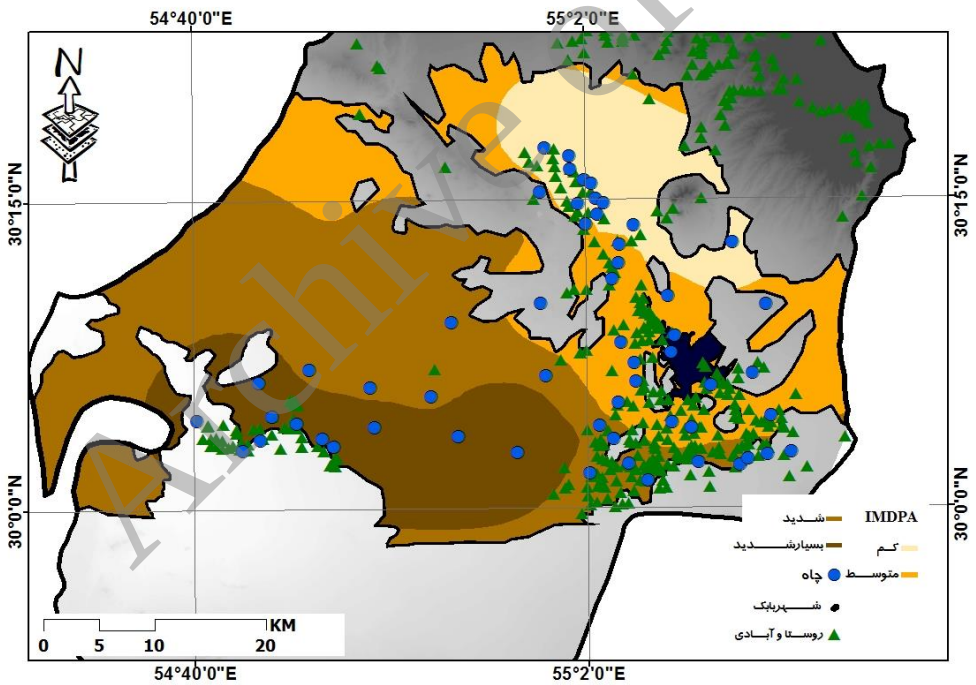
(شدت = (فرسایش آبی × اقلیم × آب زیرزمینی) × پوشش‌گیاهی × کیفیت آب جهت آبیاری × شیوهٔ آبیاری)$^{1/5}$

1. Standardized Precipitation Index

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۸. نتایج حاصل از وزن‌دهی شاخص‌ها و کلاس بیابان‌زایی معیار اقلیم

معیار	شاخص	کلاس	متوسط ارزش عددی
اقلیم	ترانسوا	بسیار شدید	۳٫۶۴
	بارش سالانه	شدید	۲٫۸
	خشک‌سالی	متوسط	۱٫۵۸
آب زیرزمینی	EC	بسیارشدید	۳٫۷
	SAR	کم	۱٫۴
	Cl	کم	۱٫۳
	افت	متوسط	۲٫۳
	عمق	شدید	۲٫۸
نوع سیستم آبیاری	–	متوسط	۲٫۴
فرسایش آبی	–	کم	۱٫۳
پوشش گیاهی	وضعیت	متوسط	۲٫۱۸
	بهره‌برداری	متوسط	۲٫۴۲
	احیا	متوسط	۲٫۲۳



شکل ۹. نقشهٔ شدت بیابان‌زایی بر اساس طبقات مدل IMDPA در دشت شهر بابک

۴. بحث و نتیجه‌گیری

اولین مرحله در این تحقیق تعیین واحد کاری بود. در این پژوهش ترکیب نقشه‌های کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، و زمین‌شناسی در بررسی‌های عامل بیابان‌زایی واحد کاری در نظر گرفته شد و کلیهٔ عامل‌ها و مشخصه‌های بیابان‌زایی بر اساس آن

Archive of SID
www.SID.ir

سنجیده شد و نقشهٔ وضعیت فعلی بیابان‌زایی نیز با توجه به نقشهٔ واحد کاری به‌دست آمد. با مشخص‌شدن واحدهای دشت و کوهستان، پهنه‌بندی معیارهای مورد بررسی بر اساس طبقات مدل IMDPA در پهنهٔ دشت، که دربرگیرندهٔ مناطق مسکونی، مراتع، و زمین‌های کشاورزی بود، انجام گرفت و در اشکال ۳ تا ۸ نشان داده شد. نتایج نشان داد متوسط ارزش عددی این ۱۳ شاخص (جدول ۴) در دشت شهر بابک در کلاس‌های کم، متوسط، شدید، و بسیار شدید قرار دارد.

از نظر وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA، ۱۴٫۹۲ درصد از کل منطقه معادل ۶۱۳۵۱ هکتار در کلاس بیابان‌زایی کم، ۳۳٫۷ درصد از کل منطقه معادل ۱۳۸۵۷۵ هکتار در کلاس بیابان‌زایی متوسط، ۲۸٫۶۲ درصد از کل منطقه معادل ۱۱۷۶۸۵ هکتار در کلاس بیابان‌زایی شدید، و ۲۲٫۷۶ درصد از کل منطقه معادل ۹۳۵۸۹ هکتار در کلاس بیابان‌زایی بسیار شدید قرار دارد. با محاسبهٔ میانگین وزنی شدت‌های بیابان‌زایی کلیهٔ واحدهای کاری شدت بیابان‌زایی برای کل منطقهٔ مورد مطالعه ۲٫۰۶ برآورد شد که بیانگر وجود کلاس بیابان‌زایی متوسط در کل منطقه است. با توجه به معیار اقلیم، شاخص خشکی ترانسوا بیشترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه داشت و در کلاس بیابان‌زایی بسیار شدید قرار گرفت. شاخص باران سالانه پس از شاخص خشکی ترانسوا بیشترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه ایفا کرد و شاخص خشک‌سالی دارای کمترین نقش در بیابان‌زایی منطقه بود. نقشهٔ نهایی شدت بیابان‌زایی از تلفیق ۱۳ شاخص مذکور و به صورت میانگین هندسی به‌دست آمد و در شکل ۹ نشان داده شد.

سرانجام، مشخص شد که کلاس متوسط دارای بیشترین وسعت (۱۳۸۵۷۵ هکتار) در دشت است و این بخش بیشتر در نواحی جنوبی دشت و در نزدیکی کویر نمک سیرجان واقع شده است؛ یکی از علل آن می‌تواند پیشروی جبههٔ آب شور باشد. بنابراین، به توجه بیشتر مسئولان امر برای جلوگیری از توسعهٔ بیشتر و احیای این مناطق نیاز دارد. از آمار ۵۶ منبع کیفی (چاه) موجود در دشت مشخص شد که نامطلوب‌بودن کیفیت آب‌های زیرزمینی عمده‌ترین محدودیت منابع آب این دشت است. در معیار آب زیرزمینی بیشترین شاخص ارزش عددی مربوط به هدایت الکتریکی (EC) و پس از آن عمق آب زیرزمینی است که به‌ترتیب در کلاس‌های بسیار شدید و شدید قرار دارند. در سال‌های اخیر به علت خشک‌سالی‌های شدید و تغییرنکردن الگوی کشت و برداشت بی‌رویه با کاهش شدید افت سفرهٔ آبی مواجهیم؛ همان گونه که در شکل ۶ مشاهده شد، بیشترین افت (افزایش عمق آب زیرزمینی) مربوط به بخش‌های میانی، شمالی، و شمال غربی و جنوبی دشت است؛ برخی مناطق مسکونی هم در همین منطقه‌اند و می‌توان یکی از دلایل اصلی کاهش کیفیت آب زیرزمینی در این نواحی را همین افت دانست؛ این افت این قسمت‌ها از دشت را در شرایط بحرانی قرار داده است. با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر، پمپاژ بیش از حد منابع آب در دشت شهر بابک، و حرکت آب‌های شور کفهٔ نمک سیرجان از سمت جنوب به سمت اراضی کشاورزی و روستایی واقع در این ناحیه از دشت شوری‌زایی در این محدوده از دشت بسیار شدید بوده است. بنابراین، توصیه می‌شود بهره‌برداری کنترل‌شده و قانونی از منابع آب

Archive of SID

www.SID.ir

این ناحیه صورت گیرد. دربارهٔ نوع سیستم‌های آبیاری مورد استفاده در دشت گفتنی است با توجه به سنتی‌بودن کشاورزی در منطقه و بازدید صحرایی از مناطق کشاورزی حوضهٔ آبخیز شهر بابک در روستاهای بن‌یکه، مدوار، اسلام‌آباد، و استبرق مشاهده شد که سیستم‌های آبیاری مورد استفاده از نوع سنتی است. از مضرات این نوع سیستم‌های سنتی می‌توان اشاره کرد به فرسایش، شور و قلیایی‌شدن خاک، غرقابی‌شدن یا باتلاقی‌شدن زمین‌های کشاورزی، و، در نهایت، تخریب این زمین‌ها و اتلاف سود و اتلاف بیهودهٔ آبی که با قیمت گزاف تأمین شده و برای نگه‌داری و توزیع آن سرمایه‌گذاری زیادی صورت گرفته است. با بررسی و تجزیه و تحلیل مطالعات انجام‌شده و با توجه به نقشهٔ نهایی شدت بیابان‌زایی در مقایسه با وضعیت موجود در منطقه توسط بازدیدهای صحرایی، روش ارزیابی مذکور برای منطقهٔ مورد مطالعه مناسب و از کارایی خوبی برخوردار است. ذکر این نکته لازم است که در سایر تحقیقات انجام‌گرفته دربارهٔ تعیین شاخص‌ها و معیارهای هر منطقه و ارزیابی آن‌ها در ایران، از جمله سمنان، فارس، و اصفهان، و مقایسهٔ آن‌ها با شرایط موجود نتایج بسیار نزدیک و مشابهی به‌دست آمده است و از همه مهم‌تر آنکه عامل انسانی در این تحقیقات به کمک این مدل نسبت به سایر مدل‌ها از جمله ICD با دقت و جزئیات بیشتری بررسی شده است. از دیگر ویژگی‌های این مدل می‌توان به شیوهٔ وزن‌دهی به لایه‌ها، استفاده از GIS در ارزیابی بیابان‌زایی، و همچنین استفاده از میانگین هندسی به جای جمع یا میانگین حسابی لایه‌های اطلاعاتی اشاره کرد. با توجه به اینکه پدیدهٔ بیابان‌زایی حاصل اثر متقابل عوامل زیادی است، باید همهٔ عوامل با هم در نظر گرفته شوند؛ و این نکته در مدل به‌کار رفته است. از دیگر ویژگی‌های این مدل این است که این مدل در اقلیم‌های مختلف قابل استفاده است و نیازی به ارائهٔ مدل‌های جداگانه نیست و فقط باید شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها با توجه به شرایط و وضعیت هر منطقه انتخاب شود و تطبیق داده شود که انعطاف‌پذیری مدل به صورتی است که هر پارامتر را می‌توان به‌راحتی اضافه یا کم کرد، ضمن اینکه خود مدل قادر به شناسایی پارامتر غالب در انتها باشد [۲۰]. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج [۲۵]، که با استفاده از مدل IMDPA و با تکیه بر معیار آب زیرزمینی کلاس‌های شدت بیابان‌زایی را در زرین‌دشت فارس انجام دادند، از جنبهٔ روند بیابانی‌شدن منطقه یکسان است، ولی در تحقیق ایشان بخش اعظم دشت در طبقهٔ شدید قرار گرفته است. همچنین، نتایج مطالعهٔ اسفندیاری و دیگران [۸]، که روند بیابان‌زایی منطقهٔ طشک فارس را با مدل IMDPA بررسی کردند، با نتایج این تحقیق از لحاظ شدت روند بیابان‌زایی یکسان است، اما ایشان مهم‌ترین شاخصِ تسریع روند بیابان‌زایی منطقه را سیستم‌های آبیاری معرفی کردند. شاخص‌های مورد بررسی در ارزیابی شدت بیابان‌زایی تأثیرات متفاوتی بر بیابان‌زایی دارند که در این مدل‌ها (IMDPA، MEDALUS و ...) ارزش لایه‌ها یکسان فرض شده است و در واقع تأثیر کلیهٔ شاخص‌ها یکسان است و در حقیقت از معایب مدل‌های ارزیابی است، زیرا با یکسان فرض‌کردن تأثیر کلیهٔ شاخص‌ها تأثیر شاخص غالب با ضرب شاخص‌ها در هم کم‌رنگ‌تر می‌شود.

در پایان پیشنهاد می‌شود برای ارتقای وضعیت

Archive of SID

www.SID.ir

آبخوان این دشت هم از نظر کیفی و هم از نظر کمّی اقداماتی صورت گیرد؛ یکی از این پیشنهادها می‌تواند تبدیل سیستم آبیاری سنتی به نو باشد؛ در صورت اجرای آن و با توجه به وسعت بالای زمین‌های کشاورزی در این منطقه (۲۳۱۴۳ هکتار) به میزان زیادی از اتلاف آب به صورت نفوذ عمقی، ایجاد رواناب سطحی، و تبخیر کاسته می‌شود و بیلان آبی دشت در جهت افزایش (بهبود بیلان آبی) می‌تواند تغییر کند و در نهایت می‌تواند باعث خیز سطح ایستابی در دشت شود. بنابراین، برای برداشت پایدار از آب آبخوان دشت لزوم ارتقای راندمان آبیاری در این دشت وجود دارد. همچنین، پیشنهاد می‌شود تا با کاربرد این گونه مدل‌ها در مناطق اقلیمی مختلف با توجه به اهمیت هر یک از شاخص‌ها ضرایب جداگانه‌ای همچون ضرایب منطقه‌ای برای شاخص‌های غالب در نظر گرفته شود تا وضعیت موجود دقیق‌تر برآورد شود. اگر این مدل با معیارهای بیشتری، که از پارامترهای کلیدی در روند بیابان‌زایی‌اند، انجام گیرد، مطمئناً نتایج دقیق‌تری در بر خواهد داشت.

سپاسگزاری

در پایان از همکاری مسئولان و کارشناسان محترم سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان، که در ارائهٔ آمار و اطلاعات لازم از هیچ کوششی دریغ نورزیدند، قدردانی می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1] Abdi, J. (2008). Assessment and mapping of desertification with IMDPA model based on two criteria in water & soil in Zeidabad area. M.sc. Dissertation, Faculty of Natural resources, University of Tehran, 114pp.

[2] Ahmadi, H. (1995). Investigation of effective factors in desertification, *Journal of Forest and Range*, 62, 66-70.

[3] Ahmadi, H. (2004). *The final report describes the formulation of a comprehensive service plan and methodology specifying the evaluation criteria and indicators of desertification in Iran*, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

[4] Ahmadi, H. (2005). The final report describes the formulation of a comprehensive service plan and methodology of the evaluation criteria and indicators of desertification in Iran, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

[5] Azarnivand, H. and Zare Chahuki, M.A. (2009). Introduce a measure of vegetation indices to evaluate the severity of desertification, *Journal of social and economic Forest and Range*, 78, 15 pp.

[6] Bakhshandeh Mehr, L. (2008). Quantitive assessment of desertification present status in east of Isfahan and a regional model development with emphasis on MEDALUS method, M.sc. Dissertation, University of Isfahan.

[7] Ekhtesasi, M.R. and Mohajeri, S. (2001). Classification and methods of Desertification intensity in Iran, *Proceedings of the 2th National Conference of desertification and desertification methods, Department of Construction Jahad Ministry of Education and Research, Research Institute of Forest, Rangeland and Watershed*, Kerman, Iran.

[8] 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 Shahrood.

[9] FAO\UNEP. (1984). *Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification, Food and Agriculture Organization of the United Nations*, United Nations Environmental Program, Rome, 73pp.

[10] Giordano, L., Grauso, S., Lannetta, M., Scicortino, M., Bonnati, G. and Borfecchia, F. (2002). *Desertification vulnerability in Sicily. Proc. Of the 2nd Int. Conference on New Trend in Water and Enviromental Engineering for safety and Life Eco-compatible solutions for Aquatic Environmental*, Capri, Italy.

[11] Halilab Consulting Engineers (2011). *Semi-detailed study of Shahr-Babak groundwater resources*, Kerman province Regional Water Company, 69pp.

[12] Jahanshahi, A. (2012). Spatial variability analysis of groundwater quality and quantity in Shahr Babak plain using geostatistic and GIS. M.sc. Dissertation, University of Zabol, 178pp.

[13] Kerman province Natural Resources Organization (2010). *Shahrbabak Plain watershed studies*, 143pp.

[14] Kheirabi, J. (1995). *Methodes modernes des irrigations de surface et par aspersion*, University of Tehran press, 382pp.

[15] Khosravi, H. (2012). Desertification monitoring and early warning system model, Ph.D. Dissertation, University of Tehran (Case study: Kashan Plain).

Archive of SID

www.SID.ir

[16] Lavado Conntador, J.F., Schnabel, S., Mezo Gutierrez, A.G. and Pulido, F.M. (2008). Mapping Sensivity to land degradation Ex-tremadura, *SW Spain*, 1(1), 25-41.

[17] Meteorological organization in Kerman province (2012). *Analysis of weather in Kerman province*, 32pp.

[18] 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.

[19] Negaresh, H., Fallahian Firouzabad, H. and Khosravi, M. (2011). The Analysis of Climatical Abnormalities Influencing on Desertification Process in Khezr Abad Region of Yazd, *Journal of Geography and Environmental Planning*, 43(3), 17-20.

[20] Openshaw, S., Perree, T., Turner, A. and Turton, I. (1998). *MEDALUS III Final Report Project 9.1: GIS-based Socio-economic models*, center of computional Geomorphology, University of Leeds, UK.

[21] Razaghi, M.H. (2008). Desertification and change Climate one ghost in two bodies, *Journal of Forest & Range*, 74, 4-6.

[22] Sepehr, M. (2006). Quantitative Assessment of Desertification status using GIS and RS to provide a regional model (with an emphasis on MEDALUS Model), M.sc. Dissertation, University of Shiraz.

[23] Shokouhi, E., Zehtabian, GH. and Tavili, A. (2012). Zoning status of desertification, *Journal of Range and Watershed*, 65(4), 517-528.

[24] Yekom Consulting Engineers (2009). *Environmental studies and consumptions of Shahr-Babak plain*, Kerman province Regional Water Company. 186pp.

[25] Zakerinejad, R., Masoudi, M., Afzali, F. and Falah, R. (2011). Assessment of Desertification using groundwater criteria and GIS (case study: Zarin Dasht, Fars), *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 7, 1-10.

[26] Zehtabian, GH.R., Azareh, A., Nazari Samani, A. and Khosravi, H. (2013). Effect of Water and Agriculture Criteria on Desertification (Case study: Garmsar plain), *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(7), 1721-1730.

[27] Zehtabian, GH.R., Javadi, M.R., Ahmadi, H. and Azarnivand, H. (2006). Investigation on effect of wind erosion on increasing of desertification Intensity and presenting of regional desertification model in Mahan Basin, *Journal of Research and Development in Natural Resources (Pajouhesh & Sazandegi)*, 73, 65-75.

[28] Zolfaghari, F., Shahriari, A., Fakhireh, A., Rashaki, A., Noori, S. and Khosravi, H. (2010). Assessment of desertification potential using IMDPA model in Sistan plain, *Journal of Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 91, 97-107.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir