Archive of SID

آمایش سرزمین
دورهٔ ششم، شمارهٔ اول، بهار و تابستان ۱۳۹۳
صفحات ۱۵۲ – ۱۲۹
ISSN: 2008-7047
http://jtcp.ut.ac.ir

بررسی عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی، پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر و پیشنهاد راهکارهای مؤثر برای کاهش پدیدهٔ بیابان‌زایی در منطقهٔ خمین

محمدمهدی حسین‌زاده[۱]، کاظم نصرتی[۲]، فیروزه محمدی[۳*]

۱ و ۲. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، ژئومورفولوژی، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش ۱۳۹۳/۰۲/۲۲)

چکیده

هدف این تحقیق، بررسی و پهنه‌بندی بیابان‌زایی در منطقهٔ نیمه‌خشک شهرستان خمین با به‌کارگیری مدل مدالوس است. ابتدا منطقهٔ مطالعاتی به چهار واحد کاری براساس رخساره‌های ژئومورفولوژی تقسیم شد. براساس مدل مدالوس، معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی شامل اقلیم، پوشش گیاهی، خاک، فرسایش، آب زیرزمینی و نحوهٔ مدیریت انتخاب، شاخص‌های وزن‌دهی، میانگین هندسی شاخص‌ها محاسبه و نقشهٔ هر معیار تهیه شد. از طریق تلفیق نقشه‌های مربوط به هر معیار، نقشه بیابان‌زایی منطقه به دست آمد. نتایج نشان داد ۴٫۱۵ درصد در تیپ مستعد، ۱۲٫۸ درصد شکننده با شدت کم، ۱۹٫۵۲ درصد شکننده با شدت متوسط، ۱۱٫۳۷ درصد شکننده با شدت زیاد، ۱۱٫۱ درصد بحرانی با شدت کم، ۲۶٫۳۳ درصد بحرانی با شدت متوسط و ۱۴٫۷ درصد بحرانی با شدت زیاد قرار دارد. همچنین، بررسی تیپ‌های بیابان‌زایی در رابطه با کاربری‌های مختلف و واحدهای کاری نشان داد کاربری اراضی فاقد پوشش گیاهی، بیشتر از کاربری‌های دیگر، مستعد بیابان‌زایی است که بیشترین درصد از تیپ بحرانی با شدت زیاد در این کاربری قرار دارد و واحدهای کاری ۱ و ۲ بیشترین مساحت تیپ‌های بیابان‌زایی با شدت بحرانی را به خود اختصاص داده‌اند.

کلیدواژگان

بیابان‌زایی، بیابان‌زدایی، خمین، مدالوس، منطقهٔ نیمه‌خشک.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۹۳۳۹۱۳۵٤ رایانامه: mohammadi.firuzeh@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بهترین تعریف و مفهوم بیابان‌زایی را کنوانسیون بیابان‌زدایی سازمان ملل متحد بیان کرده است: «بیابان‌زایی عبارت است از تخریب اراضی در نواحی خشک، نیمه‌خشک و خشک جنب مرطوب ناشی از عوامل گوناگون شامل تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی» (UNCCD, 1994)[1]. همزمان با وقوع خشکسالی‌ها و قحطی‌های شدید دهه‌های ٦٠ و ٧٠ در قارهٔ آفریقا، بیابان‌زایی به عنوان عامل مخرب توجه برنامه‌ریزان، سیاستمداران و محققان را به خود جلب کرده است، به‌طوری که به دلیل پیامدهای تخریبی حاصل از این پدیده و آثار جانبی آن (مهاجرت و فقر و غیره) در کشورهای ی امریکایی و اروپایی در سال ۱۹۹۷ در ادامهٔ برنامه زیست‌محیطی سازمان ملل متحد، کنوانسیون مبارزه با پدیدهٔ بیابان‌زایی در نایروبی کنیا برگزار شد. مطالعات محیط زیست سازمان ملل متحد (۱۹۹۱) نشان داد ١٦ درصد جمعیت جهان در نواحی خشک و نیمه‌خشک زندگی می‌کنند که از این میان، ۲۲درصد آن، به‌شدت دچار عوارض بیابان‌زایی شده‌اند و ۱۵ درصد نیز مستعد ابتلا هستند، به‌طوری که حدود ۱۰۰ کشور از این پدیده متأثرند (طاوسی، ۱۳۸۸، ص۱۲۲). بیابان‌زایی معضلی گریبانگیر بسیاری از کشورهای جهان است. براساس برآورد کنفرانس بیابان‌زدایی سازمان ملل (UNCCD) پدیدهٔ بیابان‌زایی در آیندهٔ بیش از ۷۸۵ میلیون نفر انسان ساکن در مناطق خشک را که معادل ۱۷٫۷درصد از کل جمعیت جهان است، تهدید می‌کند. ایران در کمربند خشک دنیا قرار دارد و دوسوم وسعت آن در قلمرو مناطق خشک واقع شده است. به بیان دیگر، ٤٣ میلیون هکتار، معادل یک‌چهارم وسعت ایران را بیابان فراگرفته است (مرادی و همکاران، ۱۳۸۷، ص۱). تخریب منابع طبیعی در مناطق خشک یکی از مهم‌ترین فرآیندهای بیابان‌زایی است که در مدل‌های مختلف بیابان‌زایی به صورت‌های متفاوت به آن توجه شده است (زهتابیان و جعفری، ۱۳۸۲، ص۱۹).

برای ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی، مدل‌های منطقه‌ای زیادی در داخل و خارج کشور طراحی

1. United Nation Conference of Desertification

www.SID.ir

Archive of SID

شده است که خاص همان منطقه است و برای به‌کارگیری آن‌ها باید با شرایط جدید تطبیق و اصلاح شوند (محمدقاسمی و همکاران، ۱۳۸۷، ص ٦٠).

لادیاظس (۲۰۰۲) نوع و شدت بیابان‌زایی منطقهٔ باری ایتالیا را با به‌کارگیری روش مدالوس بررسی کرد، در این مطالعه ٦ شاخص خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، مدیریت و شاخص‌های فشار انسانی بررسی شد. در نهایت، به کمک میانگین هندسی شاخص‌های مورد نظر، نقشهٔ نهایی بیابان‌زایی منطقه ترسیم شد. در چین، زایا و آنتونی (۲۰۰٤) و یانگ (۲۰۰٤) در تحقیقاتی دربارهٔ بیابان‌زایی، تغییرات کاربری زمین در طول دو دورهٔ زمانی مختلف را بررسی کردند تا مشخص شود چگونه فعالیت‌های مدیریتی کاربری زمین می‌تواند بر تغییر واحدهای شکل زمین تاثیر گذارد. آن‌ها وضعیت آب و هوایی گرم و خشک منطقه را دلیل تخریب زمین مطرح کردند. سپهر و همکاران (۲۰۰۷) فرآیند بیابان‌زایی در ناحیهٔ دشت فیدویه – گرمدشت (ایران جنوبی) را مبتنی دیدگاه مدالوس، مشخصات ناحیهٔ‌مطالعاتی، یک مدل محلی توسعه‌یافته و کاربرد GIS، به‌طور کمی ارزیابی کردند. به این منظور، شش عامل اصلی شامل خاک، اقلیم، فرسایش، پوشش گیاهی، آب‌های زیرزمینی و مدیریت در نظر گرفته شد و برای هر شاخص اصلی چندین زیرشاخص تعیین شد. براساس نتایج، شاخص پوشش گیاهی و آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین عوامل مؤثر در فرآیند بیابان‌زایی در ناحیهٔ مطالعاتی به شمار می‌آید. زهتابیان و رفیعی امام (۱۳۸۲) جدیدترین روش ارزیابی حساسیت مناطق مختلف جهان به بیابان‌زایی، یعنی روش مدالوس[1] را طراحی کردند، که سعی شده است با به‌کارگیری سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در تلفیق لایه‌ها و محاسبهٔ میانگین هندسی در محاسبهٔ شاخص‌ها، علاوه بر افزایش دقت و سرعت در ارزیابی و تهیهٔ نقشه بیابان‌زایی، خطای کارشناسی ناشی از نظرات انسان در آن به حداقل برسد. مدل مدالوس در بررسی بیابان‌زایی دشت کاشان توسط خسروی (۱۳۸۳) به‌کار گرفته شد. وی در مطالعهٔ خود بیان کرد از بین این فرآیندهای بیابان‌زایی، فرآیند تخریب منابع زیرزمینی به عنوان

1. MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use)

www.SID.ir

Archive of SID

مهم‌ترین فرآیند بیابان‌زایی مطرح بوده است و پس از آن، فرآیندهای اقلیم و مدیریت پوشش گیاهی، فرسایش بادی، خاک و فرسایش آبی قرار دارند. حسینی و همکاران (۱۳۸۹) نوع و شدت عوامل مؤثر در بیابان‌زایی منطقهٔ نیاتک سیستان را با به‌کارگیری مدل برآورد شدت بیابان‌زایی اراضی ایران، بررسی کردند که عامل اصلی تشدید بیابان‌زایی و تغییر اقلیم در منطقهٔ نیاتک، عوامل محیطی (خشکسالی) شناسایی شد. علی‌اکبری (۱۳۹۰) در قالب پایان‌نامه خطر بیابان‌زایی دشت خواف را به‌کارگیری مدل مدالوس بررسی کردند که بعد از تعیین واحد کاری منطقه به ۷ واحد همگن، بررسی معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی و اصلاح ضرایب آن‌ها براساس شرایط خاص منطقه و مدل مدالوس اصلاح‌شده در هر واحد کاری، نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی و کلاس‌بندی آن را تهیه کردند

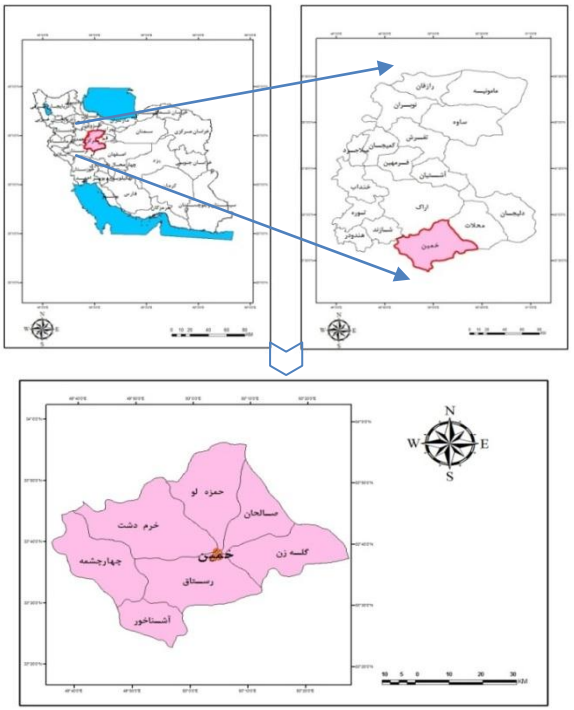
مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه

منطقهٔ مورد مطالعه، شهرستان خمین، از توابع استان مرکزی است. وسعت آن حدود ۲۳۸۲٫۵ کیلومترمربع بوده است که ۷٫٦ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده است. این منطقه از نظر تقسیمات طبیعی، جزء دشت غربی ایران مرکزی محسوب می‌شود و ارتفاع متوسط آن ۱۸۱۵متر از سطح دریا است. مختصات جغرافیایی بین ٤۹ درجه و ۳٦ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانهٔ آن ۳۱۰٫۵ میلی‌متر و متوسط سالانهٔ دمای آن ۱۲٫٤درجهٔ سانتی‌گراد است. براساس روش دو مارتن، تیپ اقلیمی منطقه نیمه‌خشک محسوب می‌شود (یوسفی و عبادی،۱۳۹۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

روش تحقیق

هدف از این تحقیق، شناسایی عوامل بیابان‌زایی در منطقه و شناسایی مناطق حساس به بیابان‌زایی براساس مدل مدالوس است. مدل مدالوس یکی از جدیدترین روش‌های مطرح شده توسط کمیسیون اروپا است که در طی سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۹۱ تکمیل و با عنوان ESAs (مناطق حساس زیست‌محیطی) مطرح شد و تاکنون نیز پروژه‌های زیادی بر پایهٔ مدل مدالوس و به منظور تکمیل شاخص‌ها و معیارهای آن انجام‌گرفته و یا در دست اجرا می‌باشند (محمدقاسمی و همکاران،۱۳۸۷، ص ٦٠). از آنجا که معیارها و شاخص‌های این مدل براساس شرایط محیطی مدیترانه‌ای تهیه شده است، شاخص‌های این مدل بازبینی شد و با توجه به شرایط منطقهٔ مطالعاتی اصلاحاتی در آن انجام گرفته است. در این روش، ٦ معیار ارزیابی شد که عبارت‌اند از کیفیت

www.SID.ir

Archive of SID

خاک، کیفیت آب زیرزمینی، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی، کیفیت فرسایش و کیفیت مدیریت. هر یک از این معیارها شاخص‌هایی دارند. وزن هر معیار، بعد از وزن‌دهی به شاخص‌ها، براساس جداول مربوطه، از میانگین هندسی به دست می‌آید. بر این اساس، وزن واحدهای مختلف منطقه، بین ۱ تا ۲ خواهد بود، به‌طوری که ارزش ۱ بهترین و ارزش ۲ بدترین وزن است. بخشی از داده‌های مورد نیاز مدل از مطالعات قبلی استخراج شده، یا محاسبه و جمع‌آوری می‌شود و اطلاعات جمع‌آوری‌شده وارد محیط GIS می‌شود و براساس الگوریتم‌های تعریف‌شده برای محاسبهٔ شاخص‌ها و با به‌کارگیری میانگین هندسی، لایه‌های رس‌تری مربوط به هر شاخص تهیه، سپس، باهم تلفیق می‌شود. به‌طوری که لایه‌ها روی‌هم‌گذاری شده و در هم ضرب می‌شوند و به توان می‌رسند. در نهایت، نقشهٔ پهنه‌بندی خطر فرسایش و بیابان‌زایی استخراج خواهد شد. نخستین اقدام جهت ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی، تعیین واحدهای کاری است. منظور از واحد کاری بخشی یا واحدی از منطقهٔ مطالعاتی است که ویژگی‌های یکسان ژئومورفولوژی دارد. به این دلیل، براساس واحدهای ژئومورفولوژی و رخساره‌های ژئومرفولوژی، واحد کاری در منطقه تعیین شد. در این تحقیق، برای بررسی برخی معیارهای مورد بررسی مدل مدالوس، واحدهای کاری با به‌کارگیری نقشهٔ شیب و لندفرم‌ها تعیین شد که بعد از تهیهٔ نقشهٔ مدل رقومی ارتفاعی تهیه‌شده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه در محیط GIS، رخساره‌های ژئومورفولوژی به عنوان واحدهای کاری منطقه مدنظر قرار گرفت. بر این اساس، برای منطقهٔ مورد مطالعه ٤ واحد کاری شامل کوهستان (واحد کاری ۱)، کوهپایه (واحد کاری ۲)، دشت سر (واحد کاری ۳) و دشت (واحد کاری ٤) در نظر گرفته شد.

بررسی معیارها و شاخص‌های به‌کار گرفته‌شده در مدل مدالوس

معیار کیفیت خاک (SQI)

در این معیار برای تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی، دو مشخصهٔ مقاومت خاک به فرسایش و نفوذپذیری خاک به‌کار گرفته می‌شود. برای بررسی این معیار، نمونه‌هایی از افق خاک سطحی (از عمق ۱۵ – ۳۰

www.SID.ir

Archive of SID

سانتیمتر) در سطح منطقه برداشت شد و به آزمایشگاه انتقال یافت و ویژگی‌های خاک شامل بافت خاک، شیب، مواد مادری تشکیل دهندهٔ خاک، درصد پوشش سنگریزه، مواد آلی، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک مشخص شد که با توجه به جدول ۱، وزن‌دهی شده، در نهایت، با به‌کارگیری رابطهٔ ۱، امتیاز معیار خاک به دست آمده و نقشهٔ رس‌تری آن تهیه شد.

(۱) معیار کیفیت خاک (SQI) = (بافت × مواد اولیه × شیب × پوشش سنگریزه × درصد مواد آلی × هدایت الکتریکی × اسیدیته) $^{۱/۷}$

جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی معیار خاک

شاخص‌های معیار خاک	تشریح	امتیاز
بافت خاک[۱]	**L, SCL, SL, LS, CL**	۱
	SC, SIL, SICL	۱٫۲
	SI, C, SIC	۱٫۶
	S	۲
مواد اولیه	گرانیت، دیوریت	۱
	ماسه‌سنگ و کنگلومرای قرمز پلی‌ژنیک، آهک اوربیتولین‌دار توده‌ای ضخیم	۱٫۲
	توف‌های آتشفشانی آندزیتی، سنگ‌های دگرگونی منطقه‌ای با درجهٔ کم (رخساره‌های شیستی سبز)	۱٫۵
	ماسه‌سنگ و شیل خاکستری تیره، مارن و شیل با میان لایه‌های آهکی، آهک، مارن گچی، ماسه‌سنگ قرمز، شیل آهکی	۱٫۷
	تراس‌های آبرفتی و رسوبات مخروطه‌افکنه‌ای کم‌ارتفاع	۲
شیب	< ۶	۱
	۶ – ۱۸	۱٫۲
	۱۸ – ۳۵	۱٫۵
	> ۳۵	۲

۱. لومی(Loam)، رسی(Clay)، سیلتی(Silt)، شنی(Sand)

www.SID.ir

Archive of SID

ادامهٔ جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی معیار خاک

شاخص‌های معیار خاک	تشریح	امتیاز
درصد پوشش سنگریزه	>۲۷٫٦۷	۱
	۲۱٫۹۹–۲۷٫٦۷	۱٫۳
	۱٤٫٤۰–۲۱٫۹۸	۱٫٦
	<۱٤٫٤۰	۲
درصد مواد آلی	>۱٫۰۳	۱
	۰٫٦۱۷–۱٫۰۳	۱٫۳
	۰٫۲۵۰–۰٫٦۱٦	۱٫۷
	<۰٫۲۵۰	۲
هدایت الکتریکی خاک	<۰٫۳۳۸	۱
	۰٫۳۳۸–۰٫۳۸٤	۱٫۲
	۰٫۳۸۵–۰٫۵۲۵	۱٫٦
	>۰٫۵۲۵	۲
اسیدیتهٔ خاک	<۷٫۸٤	۱
	۷٫۸٤–۷٫۹۵	۱٫۲
	۷٫۹٦–۸٫۱۱	۱٫٦
	>۸٫۱۱	۲

معیار کیفیت آب زیرزمینی (GQI)

این معیار در مدل مدالوس در نظر گرفته نشده است. بدین منظور، علاوه بر معیارهای مذکور، معیارهایی را که می‌تواند در بیابان‌زایی منطقه مؤثر باشد، نیز به‌کار گرفته است. به منظور بررسی این معیار، چهار شاخص نسبت جذب سدیم، هدایت الکتریکی، سطح آب و تراکم چاه‌ها در واحد کاری به‌کار گرفته شد. با توجه به اینکه هدایت الکتریکی بیانگر میزان کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک و به‌طور کلی، شوری خاک است، این معیار در نظر گرفته شد. از آنجا که میزان نسبت جذب سدیم در تخریب ساختمان خاک اهمیت قابل ملاحظه‌ای دارد، این پارامتر هم در نظر گرفته شد. تراکم چاه و سطح آب نیز دو پارامتری است که علاوه بر کمیت آب می‌تواند معیاری از میزان

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده و تأثیر انسان بر اکوسیستم باشد. اطلاعات و داده‌های مربوط به ۵ سال آب‌های زیرزمینی و چاه‌ها (از سال ۱۳۸٦-۱۳۹۰) به‌طور خام از اداره‌کل آب منطقه‌ای استان اخذ و به منظور ارزیابی و تهیهٔ لایه اطلاعاتی و وزن‌دهی به آن، وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی شد (جدول ۲). برای طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری همهٔ شاخص‌های این معیار، واحد چارک در محیط نرم‌افزار SPSS به‌کار گرفته شد. بعد از تعیین وزن پارامترها، با به‌کارگیری میانگین هندسی آن‌ها، از طریق رابطهٔ ۲، معیار کیفیت آب زیرزمینی به دست آمد و نقشهٔ رس‌تری آن تهیه شد.

(۲) معیار کیفیت آب زیرزمینی (GQI)= (نسبت جذبی سدیم × هدایت الکتریکی × سطح آب × درصد تراکم چاه‌ها) $^{1/4}$

جدول ۲. شاخص‌های ارزیابی معیار آب زیرزمینی

نسبت جذب سدیم	کلاس	<۰٫۸۹۲	۰٫۸۹۲-۱٫۵٤	۱٫۵۵-۲٫۵۰	>۲٫۵۰
	امتیاز	۱	۱٫۳	۱٫٦	۲
هدایت الکتریکی	کلاس	<۵٤۰	۵٤۰-۸۲۵	۸۲٦-۱۰۰۹٫۷۵	>۱۰۰۹٫۷۵
	امتیاز	۱	۱٫۳	۱٫۷	۲
سطح آب به متر	کلاس	>۳۰٫٤۸	۱۷٫۹٦-۳۰٫٤۸	۱۲٫۹۸-۱۷٫۹۵	<۱۲٫۹۸
	امتیاز	۱	۱٫٤	۱٫٦	۲
درصد تراکم چاه‌ها	کلاس	<۱	۱-۲	۲-٤	>٤
	امتیاز	۱	۱٫۲	۱٫٦	۲

معیار کیفیت پوشش گیاهی (VQI)

شاخص کیفی پوشش گیاهی با سه شاخص مقاومت در برابر فرسایش، خشکسالی و تراکم پوشش گیاهی سنجیده می‌شود. اطلاعات مورد نیاز این معیار از نقشه‌های پوشش گیاهی ادارهٔ منابع طبیعی اخذ شد. شاخص تراکم پوشش گیاهی با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ سال ۲۰۰۱ و به‌کارگیری شاخص NDVI استخراج شده است (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳. شاخص‌های ارزیابی معیار پوشش گیاهی

شاخص‌ها	شرح	امتیاز
مقاومت در برابر فرسایش و خشکسالی	جنگل‌های در دست کاشت، اراضی آبی، مراتع متراکم	۱
	مراتع نیمه‌متراکم	۱٫۳
	مراتع کم تراکم	۱٫۵
	دیمزار	۱٫٦
	اراضی بدون پوشش و بیرون‌زدگی سنگی، مناطق مسکونی	۲
تراکم پوشش گیاهی	زیاد	۱
	متوسط	۱٫۳
	کم	۱٫٦
	خیلی کم	۲

بعد از تعیین وزن پارامترهای معیار کیفیت پوشش گیاهی، با محاسبهٔ میانگین هندسی آن‌ها با به‌کارگیری رابطهٔ ۳، معیار کیفیت پوشش گیاهی به دست می‌آید.

(۳) معیار کیفیت پوشش گیاهی (VQI) = (مقاومت در برابر فرسایش × مقاومت در برابر خشکسالی × درصد تراکم پوشش گیاهی)$^{۱/۳}$

معیار کیفیت اقلیم (CQI)

شاخص کیفی اقلیم از دو پارامتر مقدار بارندگی و شاخص خشکی به دست می‌آید، که شاخص خشکی با روش دومارتن محاسبه و همراه با معیار بارندگی کلاس‌بندی و وزن‌دهی شد و لایهٔ رس‌تری آن در محیط GIS تهیه شد (جدول ٤). بعد از تعیین وزن پارامترهای معیار کیفیت اقلیم، از طریق رابطهٔ ٤، معیار کیفیت اقلیم به دست می‌آید.

(٤) معیار کیفیت اقلیم (CQI) = (بارندگی × شاخص خشکی)$^{۱/۲}$

جدول ٤. شاخص‌های ارزیابی معیار اقلیم

بارندگی (mm)	کلاس	>٤٧٥	۳۱۲٫۵۱-٤٧٥	۲۱۲٫۵ -۳۱۲٫۵	<۲۱۲٫۵
	امتیاز	۱	۱٫۲	۱٫٦	۲
شاخص خشکی	کلاس	>۱۵٫۲۵	۱۲٫۵۱-۱۵٫۲۵	۱۰٫۷۵ -۱۲٫۵	<۱۰٫۷۵
	امتیاز	۱	۱٫۳	۱٫٦	۲

www.SID.ir

Archive of SID

معیار کیفیت فرسایش (EQI)

این معیار براساس نوع فرآیند فرسایشی، از دو شاخص فرسایش بادی و آبی تعیین می‌شود. فرسایش بادی از طریق روش کیفی سازمان مدیریت اراضی آمریکا (B.L.M)، و برای تعیین فرسایش آبی، روش پسیاک به‌کار گرفته شده است. نقشهٔ رقومی این شاخص با توجه به جدول ۵، کلاس‌بندی، وزن‌دهی و با محاسبهٔ میانگین هندسی آن‌ها، از طریق رابطهٔ ۵، معیار کیفیت فرسایش به دست آمد.

(۵) معیار کیفیت فرسایش (EQI) = (فرسایش آبی × فرسایش بادی) $^{1/2}$

جدول ۵. شاخص‌های ارزیابی معیار فرسایش

فرسایش بادی	کلاس	۰ – ۲۰	۲۱ – ٤۰	٤۱ – ٦۰	٦۱ – ۸۰	۸۱ – ۱۰۰
	امتیاز	۱	۱٫۲	۱٫٤	۱٫٦	۲
فرسایش آبی	کلاس	۰–۲۵	۲۵ –۵۰	۵۰ – ۷۵	۷۵ – ۱۰۰	>۱۰۰
	امتیاز	۱	۱٫۲	۱٫۵	۱٫۷	۲

معیار کیفیت مدیریت (MQI)

این معیار تأثیر فعالیت‌های انسانی را بر بیابان‌زایی بررسی می‌کند و بر پایهٔ دو شاخص سیاست‌های اجرایی و شدت کاربری اراضی در منطقه انجام می‌گیرد. اراضی بر پایهٔ چگونگی به‌کارگیری آن‌ها تقسیم‌بندی می‌شود. عملیات مدیریتی براساس میزان درصد موفقیت طرح‌های اجرایی ادارهٔ منابع طبیعی و نظر کارشناسی در واحدهای کاری، ارزیابی و وزن‌دهی شده است (جدول ٦). در واقع، برای بررسی و وزن‌دهی دو شاخص مذکور، براساس واحدهای کاری تعیین‌شده در منطقه، پرسشنامه در قالب عملیات بیابان‌زدایی و آبخیزداریتهیه شد و از سوی کارشناسان ادارهٔ منابع طبیعی منطقه تکمیل شده است. بعد از تعیین وزن پارامترها، از طریق رابطهٔ ٦، معیار کیفیت مدیریت به دست می‌آید.

(٦) معیار کیفیت مدیریت (MQI)= (سیاست‌های اجرایی × شدت کاربری اراضی) $^{1/2}$

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. شاخص‌های ارزیابی معیار مدیریت

شاخص‌های معیار مدیریت	تشریح	امتیاز
سیاست‌های اجرایی	بیش از ۷۵ درصد منطقه تحت حفاظت است.	۱
	۵۰ تا ۷۵ درصد از منطقه تحت حفاظت است.	۱٫۳
	۲۵ تا ۷۵ درصد از منطقه تحت حفاظت است.	۱٫٦
	کمتر از ۲۵درصد از منطقه تحت حفاظت است.	۱٫۸
شدت کاربری اراضی	کم	۱
	کم تا متوسط	۱٫۲
	متوسط	۱٫٤
	متوسط تا زیاد	۱٫٦
	زیاد	۱٫۸
	خیلی زیاد	۲

ارزیابی حساسیت محیطی به بیابان‌زایی و تحلیل نتایج

با محاسبهٔ هر معیار و میانگین‌گیری هندسی امتیاز معیارها، کلاس طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی در هر واحد تعیین شد. در نهایت، نقشهٔ تهیه‌شده از هر معیار، از طریق رابطهٔ ۷، در محیط GIS ترکیب شد و نقشهٔ حساسیت مناطق بیابان‌زایی به دست آمد:

(۷) نقشهٔ حساسیت مناطق به بیابان‌زایی= (کیفیت خاک× کیفیت آب زیرزمینی× کیفیت اقلیم × کیفیت پوشش گیاهی× کیفیت فرسایش× کیفیت مدیریت) $^{1/6}$

در پایان، نقشهٔ حساسیت محیطی منطقه به بیابان‌زایی، جهت تعیین وضعیت و نوع بیابان‌زایی به کلاس‌هایی براساس جدول ۷، طبقه‌بندی و تحلیل شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. انواع حساسیت محیطی به بیابان‌زایی و دامنه‌های تعیین‌شده

تیپ	علامت	دامنهٔ ESA
بحرانی (Critical)	C۳	>۱٫۵۳
بحرانی (Critical)	C۲	۱٫۴۳ – ۱٫۵۳
بحرانی (Critical)	C۱	۱٫۳۸ – ۱٫۴۳
شکننده (Fragile)	F۳	۱٫۳۳ – ۱٫۳۸
شکننده (Fragile)	F۲	۱٫۲۷ – ۱٫۳۳
شکننده (Fragile)	F۱	۱٫۲۳ – ۱٫۲۷
Potential	P	۱٫۱۷ – ۱٫۲۳
Non affected	N	< ۱٫۱۷
استخرهای آب و مناطق شهری	U	۰

نتایج

بعد از جمع‌آوری داده‌های مربوط به هر معیار، براساس روش ارزیابی مدل مدالوس، هر یک از معیارها بررسی و وزن‌دهی شد و نقشهٔ مربوط به آن به دست آمد.

معیار کیفیت خاک

نتایج بررسی معیار خاک نشان می‌دهد از بین شاخص‌های به‌کار گرفته شده در این معیار، شاخص مواد اولیه با ارزش عددی ۱٫٦٤ بیشترین، و بافت خاک با ارزش عددی ۱٫۱٦ کمترین نقش را در افزایش کلاس تخریب خاک و بیابان‌زایی منطقه دارد (جدول ۸). مناطقی که سازندهای مربوط به دورهٔ کواترنری دارد، در برابر فرسایش حساسیت بیشتری دارند.

جدول ۸. وزن‌دهی به شاخص‌های معیار خاک

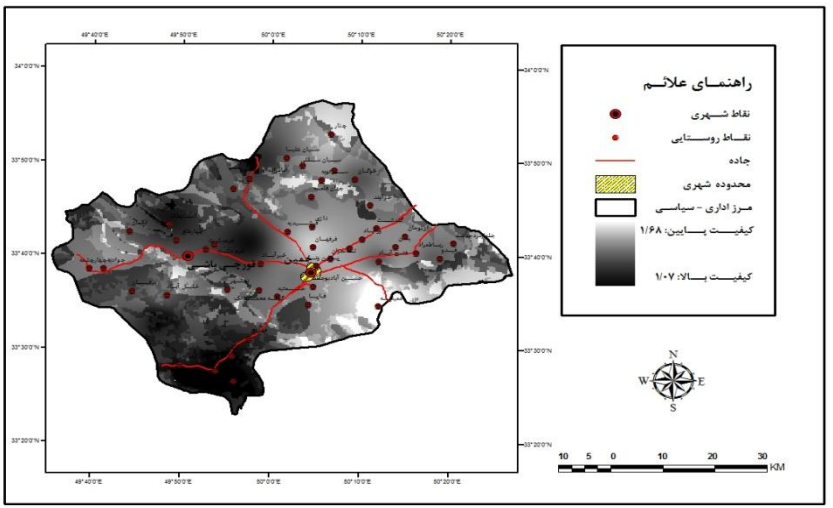
شاخص مورد ارزیابی	بافت	شیب	مواد اولیه	پوشش سنگریزه	درصد مواد آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته
متوسط ارزش عددی	۱٫۱٦	۱٫۲۰	۱٫٦٤	۱٫۳۳	۱٫۵۰	۱٫٤٦	۱٫٤۷

بعد از وزن‌دهی به شاخص‌ها و تهیهٔ نقشهٔ رس‌تری براساس رابطهٔ ۸، این نقشه‌ها با هم ترکیب شد. در نهایت، نقشهٔ معیار خاک به دست آمد (شکل ۲).

$$SQI=(۱٫۱٦ \times ۱٫۲۰\times ۱٫٦٤ \times ۱٫۳۳ \times ۱٫۵۰\times ۱٫٤٦ \times ۱٫٤۷)^{۱/۷}=۱٫۳۷ \qquad (۸)$$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. نقشهٔ رس‌تری معیار خاک

معیار آب زیرزمینی

نتایج بررسی معیار آب زیرزمینی نشان می‌دهد شاخص سطح آب با ارزش عددی ۱٫۵۰ بیشترین (به علت کمبود بارش‌ها و برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش سطح آب و عدم تغذیه کافی این سفره‌ها)، و شاخص تراکم چاه‌ها با ارزش عددی ۱٫٤۲ کمترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه ایفا می‌کند (جدول ۹). در مناطق با شدت بیابان‌زایی بحرانی، به علت کمبود آب برای زراعت و کشاورزی، در برخی روستاها، چاه‌های غیرمجاز از سوی کشاورزان حفر می‌شود.

جدول ۹. وزن‌دهی به شاخص‌های معیار معیار آب‌های زیرزمینی

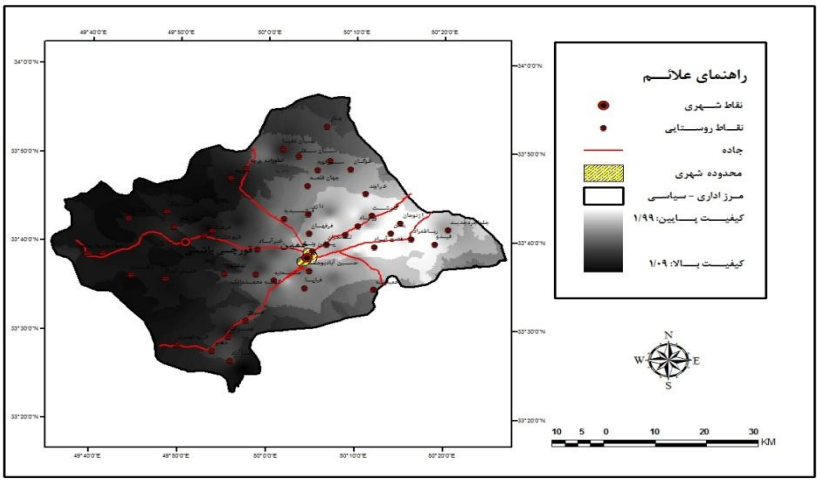
شاخص مورد ارزیابی	نسبت جذبی سدیم	هدایت الکتریکی	سطح آب زیرزمینی	تراکم چاه‌ها
متوسط ارزش عددی	۱٫٤٦	۱٫٤٦	۱٫۵۰	۱٫٤۲

بعد از وزن‌دهی، براساس رابطهٔ ۹، نقشه‌ها با هم ترکیب می‌شوند. در نهایت، نقشهٔ معیار آب زیرزمینی به دست آمد (شکل ۳).

$$GQI = (۱٫٤٦ \times ۱٫٤٦ \times ۱٫۵۰ \times ۱٫٤۲)^{۱/٤} = ۱٫٤۵ \qquad (۹)$$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. نقشهٔ رس‌تری معیار آب زیرزمینی

معیار اقلیم

با بررسی تغییرات بارندگی مشخص شد از سال ۱۳٦۵ تا سال ۱۳۹۰، افت محسوسی در مقدار بارش اتفاق افتاده است. بدین شکل که میانگین بارندگی دههٔ ٦۰، ۳٤۷ میلیمتر، میانگین بارندگی دههٔ ۷۰، ۳۱٦، در نهایت، میانگین بارندگی در دههٔ ۸۰، ۲۸۳ میلیمتر است که براساس این سه مقطع ده‌ساله، میزان متوسط بارندگی، مقدار ٦٤ میلیمتر کاهش را نشان می‌دهد (یوسفی و عبادی،۱۳۹۱). کاهش بارش‌ها در سال‌های اخیر به علت وقوع خشکسالی‌ها و کاهش بارندگی از غرب به شرق منطقه، به علت کاهش ارتفاعات، روند خشکی منطقه را به ویژه در مناطق شرقی افزایش داده است. (جدول ۱۰). براساس نقشهٔ پهنه‌بندی میزان بارندگی در منطقهٔ مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت این روند قابل مشاهده است. همچنین، با توجه به شاخص خشکی، همین نتیجه دربارهٔ آن نیز صادق است.

جدول ۱۰. متوسط وزنی ارزش‌های کمی شاخص‌های مؤثر در معیار اقلیم

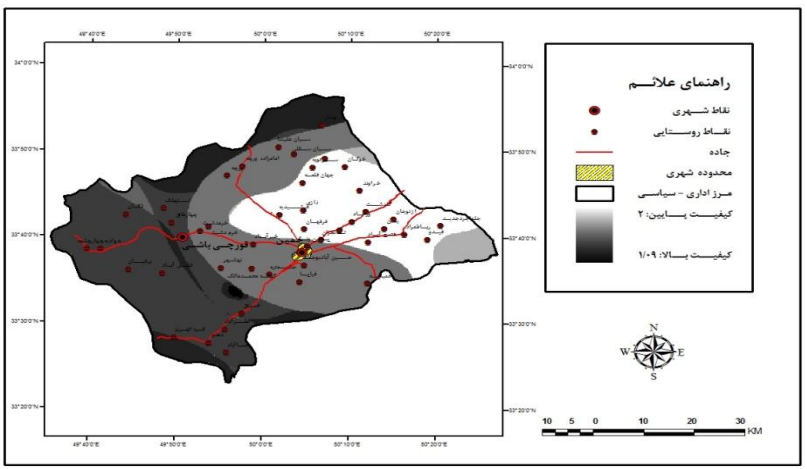
شاخص مورد ارزیابی	شاخص خشکی	بارندگی
متوسط ارزش عددی	۱٫٦٦	۱٫۵۲

www.SID.ir

Archive of SID

بعد از وزن‌دهی به شاخص‌ها، بر اساس رابطهٔ ۱۰ نقشه‌ها با هم ترکیب شد و نقشهٔ معیار اقلیم به دست آمد (شکل ٤).

$$CQI= (۱٫۵۲\times ۱٫٦٦)^{۱/۲} =۱٫۵۸ \qquad (۱۰)$$



شکل ٤. نقشهٔ رس‌تری معیار اقلیم

معیار پوشش گیاهی

نتایج بررسی معیار پوشش گیاهی نشان می‌دهد شاخص تراکم پوشش گیاهی با ارزش عددی ۱٫۹٦ بیشترین تأثیر را در افزایش شدت بیابان‌زایی منطقه دارد (جدول ۱۱). به علت وجود عوامل انسانی مخرب بر روی پوشش گیاهی از جمله چرای شدید، تخریب مراتع و تبدیل آن به اراضی کشاورزی و برداشت‌های بی‌رویه، پوشش گیاهی در مناطقی از بین رفته است.

جدول ۱۱. متوسط وزنی ارزش‌های کمی شاخص‌های مؤثر در معیار پوشش گیاهی

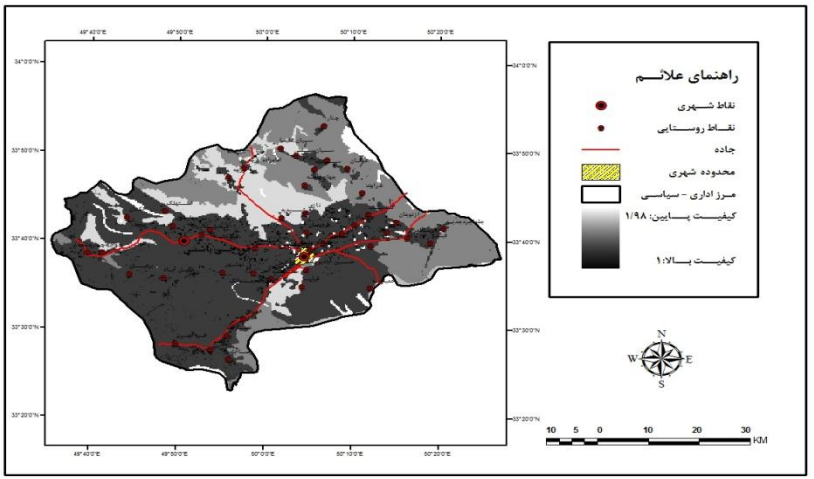
شاخص مورد ارزیابی	تراکم پوشش گیاهی	مقاومت در برابر خشکسالی	مقاومت در برابر فرسایش
متوسط ارزش عددی	۱٫۹٦	۱٫۱۹	۱٫۱۹

بعد از وزن‌دهی بر اساس رابطهٔ ۱۱، نقشهٔ معیار پوشش گیاهی به دست آمد (شکل ۵).

$$VQI= (۱٫۱۹ \times ۱٫۱۹ \times ۱٫۹٦)^{۱/۳}=۱٫٦۳ \qquad (۱۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. نقشهٔ رس‌تری معیار پوشش گیاهی

معیار فرسایش

نتایج نشان می‌دهد شاخص فرسایش آبی با ارزش عددی ۱٫٤٦ در بیابان‌زایی نقش بیشتری دارد. ازبین رفتن پوشش گیاهی، برهنه شدن خاک، شخم نامناسب اراضی، نحوهٔ آبیاری زمین‌های کشاورزی و غیره، باعث ایجاد اشکال مختلف فرسایش آبی و تشدید آن در منطقه شده است (جدول ۱۲).

جدول ۱۲. متوسط وزنی ارزش‌های کمی شاخص‌های مؤثر در معیار فرسایش

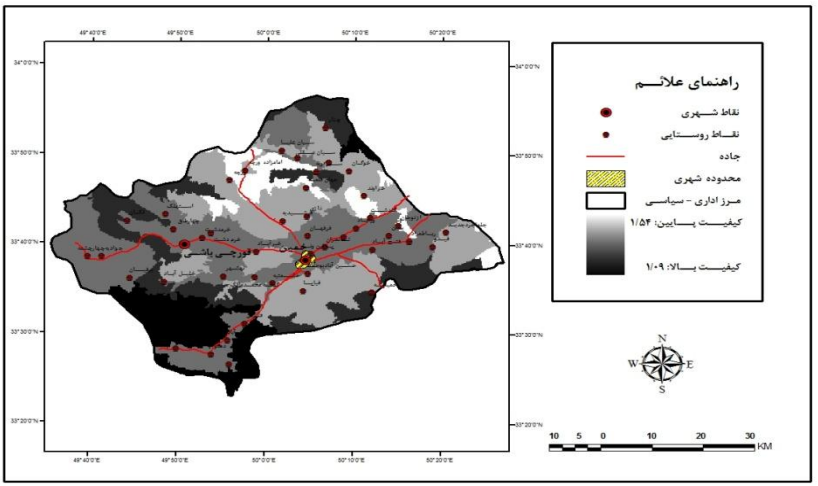
شاخص مورد ارزیابی	فرسایش آبی	فرسایش بادی
متوسط ارزش عددی	۱٫٤٦	۱٫۲

بعد از وزن‌دهی معیار فرسایش و تهیهٔ نقشه رس‌تری براساس رابطهٔ ۱۲، نقشهٔ معیار فرسایش به دست آمده است (شکل ٦).

$$EQI= (۱٫٤٦\times۱٫۲)^{۱/۲}=۱٫۳۲ \qquad (۱۲)$$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. نقشه رس‌تری معیار فرسایش

معیار مدیریت

نتایج معیار مدیریت نشان می‌دهد شاخص شدت کاربری اراضی با ارزش عددی ۱٫٤٦ تأثیر بیشتری در بیابان‌زایی منطقه دارد که در واحد کاری ۲ و ۱ بیشتر به چشم می‌خورد (جدول ۱۳). به‌کارگیری نادرست اراضی و رهاسازی آن‌ها، چرای بی‌رویه دام و تخریب پوشش گیاهی از جمله مهم‌ترین عوامل بالابودن امتیاز شاخص شدت کاربری اراضی است. اجرای انواع عملیات اصلاحی و احیای مراتع، حفاظت و انجام‌دادن عملیات آبخیزداری در بخش‌هایی از واحدهای کاری ۳ و ٤، باعث شده است این مناطق از نظر مدیریتی کیفیت بهتری دارد.

جدول ۱۳. متوسط وزنی ارزش‌های کمی شاخص‌های مؤثر در معیار مدیریت

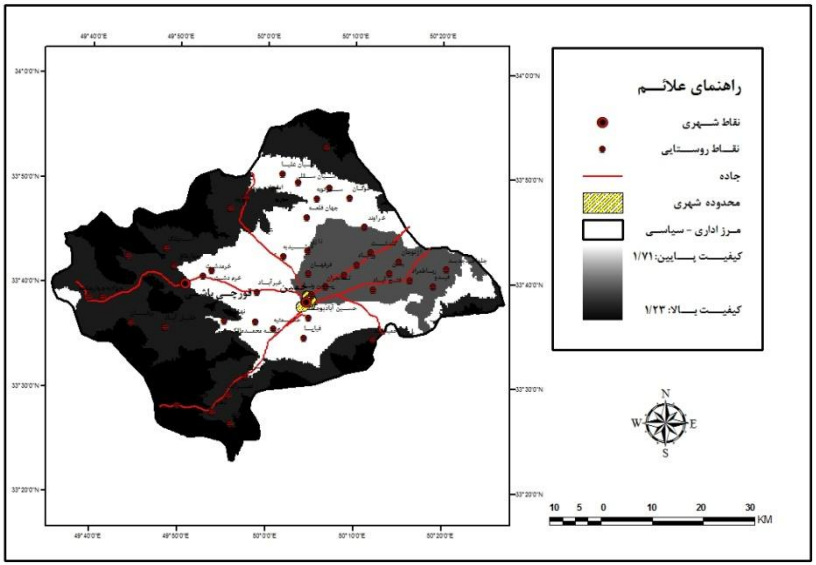
شاخص مورد ارزیابی	شدت کاربری راضی	سیاست‌های اجرایی
متوسط ارزش عددی	۱٫٥٤	۱٫۳۳

بعد از وزن‌دهی به شاخص و تهیهٔ نقشهٔ رس‌تری، براساس رابطهٔ ۱۳، نقشهٔ معیار مدیریت به دست آمد (شکل ۷).

$$MQI= (۱٫٥٤\times ۱٫۳۳)^{۱/۲}=۱٫٤۳ \qquad (۱۳)$$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. نقشهٔ رس‌تری معیار مدیریت

تهیهٔ نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی منطقهٔ خمین

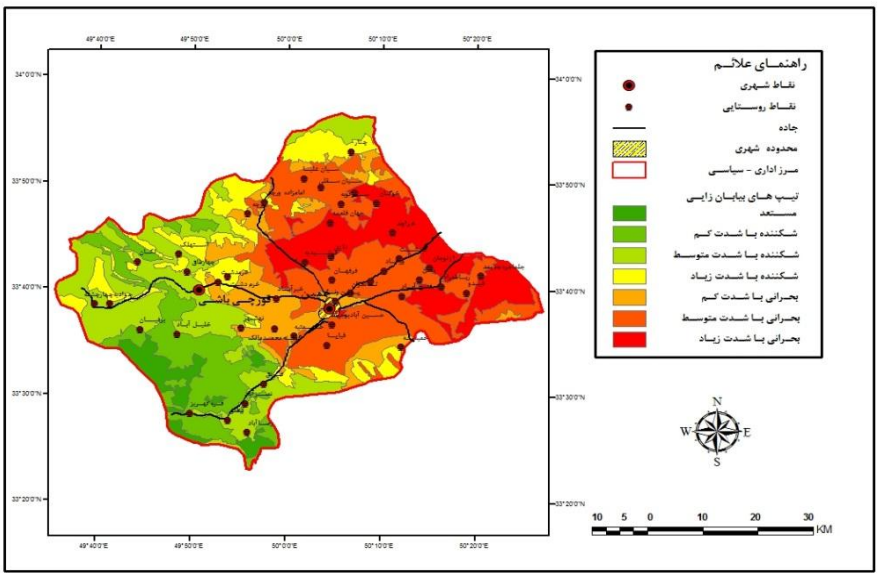
بعد از تهیهٔ نقشه‌های کیفیت خاک، آب زیرزمینی، اقلیم، پوشش گیاهی، فرسایش و مدیریت منطقه، با به‌کارگیری رابطهٔ ۱٤، نقشه‌ها با هم تلفیق شد و نقشهٔ نهایی شدت بیابان‌زایی منطقه به دست آمد (شکل ۸). جدول ۱٤، انواع تیپ‌های حساسیت محیطی به بیابان‌زایی و مساحت هر یک را نشان می‌دهد. براساس این جدول، بیشترین مساحت مربوط به تیپ بحرانی با شدت متوسط (۲٦٫۳۳ درصد) و کمترین مساحت نیز مربوط به تیپ مستعد با ٤٫۱۵ درصد است.

(۱٤) نقشهٔ حساسیت مناطق به بیابان‌زایی = (کیفیت خاک × کیفیت منابع آب زیرزمینی × کیفیت اقلیم × کیفیت پوشش گیاهی × کیفیت فرسایش × کیفیت مدیریت) $^{۱/٦}$

$$ESA = (SQI \times GQI \times CQI \times VQI \times EQI \times MQI)^{1/6}$$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. نقشهٔ شدت بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه

جدول ١٤. تیپ‌های مختلف بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه

نوع	علامت	دامنه	مساحت (km^2)	مساحت (٪)
غیرحساس	N	< ۱٫۱۷	۰	۰
مستعد	P	۱٫۱۷ – ۱٫۲۳	۹۸٫۳۳	٤٫۱۵
شکننده با شدت کم	F1	۱٫۲۳ – ۱٫۲۷	۳۰۳٫۱۷	۱۲٫۸۰
شکننده با شدت متوسط	F2	۱٫۲۷ – ۱٫۳۳	٤٦۲٫۳۲	۱۹٫۵۲
شکننده با شدت زیاد	F3	۱٫۳۳ – ۱٫۳۸	۲٦۹٫۳٦	۱۱٫۳۷
بحرانی با شدت کم	C1	۱٫۳۸ – ۱٫٤۳	۲٦۳٫۰۷	۱۱٫۱۰
بحرانی با شدت متوسط	C2	۱٫٤۳ – ۱٫۵۳	٦۲۳٫۷۷	۲٦٫۳۳
بحرانی با شدت زیاد	C3	> ۱٫۵۳	۳٤۸٫۷۷	۱٤٫۷۰

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد منطقه از نظر بیابان‌زایی با به‌کارگیری مدل مدالوس، در تیپ‌های مستعد، شکننده با شدت‌های کم، متوسط و زیاد و بحرانی نیز با شدت‌های کم، متوسط و زیاد قرار می گیرد (جدول ١٤). تیپ مستعد کمترین و تیپ بحرانی با شدت متوسط بیشترین مساحت منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به قالب مدل مدالوس و ارزیابی کمی معیارهای به‌کار گرفته‌شده و بررسی‌های انجام‌گرفته بر روی متوسط وزنی این معیارها، همچنین، در جهت تعیین مهمترین عامل تأثیرگذار در بیابان‌زایی منطقه، می‌توان گفت معیار اقلیم به عنوان عاملی مهم، می‌تواند در فرسایش‌پذیری و در نتیجه، بیابان‌زایی منطقه نقش داشته باشد. در واقع، معیار اقلیم که یک عامل طبیعی است، مهم‌ترین عامل بیابان‌زایی منطقه محسوب می‌شود، هر چند بررسی‌ها و بازدیدهای میدانی نشان می‌دهد عامل انسان و فعالیت‌های او، بیابان‌زایی منطقه را به‌ویژه در مناطقی که از نظر بیابان‌زایی در وضعیت بحرانی هستند، تشدید کرده است. با توجه به اینکه تغییرات عامل اقلیم در کل منطقه یکسان است اما دخالت‌های انسانی باعث شده است در بعضی مناطق، فرسایش بیشتر و در بعضی مناطق فرسایش کمتر باشد. در مناطقی که از نظر بیابان‌زایی تیپ بحرانی دارد، جمعیت بیشتری تمرکز دارد، در نتیجه، فعالیت‌های انسانی در این مناطق بیشتر به چشم می‌خورد. عواملی مانند افزایش جمعیت، تبدیل اراضی مرتعی و کم‌بازده به اراضی کشاورزی، بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب باعث شده است فرایند بیابان‌زایی روز به روز سرعت بیشتری بگیرد. این مناطق نیمهٔ شرقی و مرکز شهرستان را در بر می‌گیرند و منطبق بر واحدهای کاری ۱ و ۲ است که هم از نظر اقلیمی و هم فعالیت‌های انسانی، در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. از نظر کاربری، اراضی با کشت دیم و آبی، مراتع با تاج پوشش متوسط و فقیر، و اراضی فاقد پوشش گیاهی را شامل می‌شود. بنابراین، براساس نتایج، اقلیم به عنوان مهمترین عامل، و در درجهٔ دوم انسان (به عنوان عاملی ثانویه)، باعث بیابان‌زایی منطقه و تشدید آن شده است. در روش مدالوس به علت امتیازگیری عامل‌ها در سطح منطقه‌ای و با توجه به شرایط ایران، با توجه به بانک اطلاعات خاک و آب کشور، همچنین، با اضافه‌شدن شاخص‌های دیگر به این مدل در

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه با تحقیقات قبلی، درصد اطمینان برای ارائه شدت بیابان‌زایی در منطقه بالاتر بوده و خطاهای مربوط به امتیازدهی عامل‌ها به کمترین حد ممکن تقلیل یافت و نتایج دقیقی از شدت تخریب اراضی گزارش شد. همچنین، نتایج ارزیابی با سیستم اطلاعات جغرافیای جهت تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی در هر یک از شاخص‌ها و ادغام آن‌ها و تهیهٔ نقشهٔ نهایی بیانگر دقت و سرعت عمل بالای کارشناس بوده است. در منطقهٔ مطالعاتی، این مدل به‌خوبی بیانگر وضعیت بیابان‌زایی منطقه و منطبق با شرایط آن است. با وجود این، ضرورت مطالعهٔ فرسایش بادی منطقه با به‌کارگیری مدل‌های تجربی یا مفهومی در منطقه احساس می‌شود. از نتایج و آثار مهم بیابان‌زدایی در منطقه، کاهش قابل توجه سطح سفرهٔ آب‌های زیرزمینی، تخریب ساختمان، پایداری خاک، و تخریب و کاهش پوشش گیاهی، در نتیجه، افزایش احتمال انواع فرسایش و بروز مسائل اقتصادی- اجتماعی مثل فقر و مهاجرت است. توانمندسازی و ارتقای دانش فنی کشاورزان و بهره‌برداران عرصه‌های منابع طبیعی، مشارکت فراگیر و همه‌جانبهٔ دستگاه‌های متولی (منابع طبیعی، کشاورزی، محیط زیست، منابع آب و جز آن) و افراد بومی و ذینفعان محلی و انجام‌دادن اقدام‌های قانونی در زمینهٔ معیارها و شاخص‌های بین‌المللی مبارزه با بیابان‌زایی پیشنهادهایی در این زمینه است. پس باید با شناخت نظام‌های مدیریتی مختلف، راهکارهایی برای طراحی الگوهای مناسب‌تر سازگاری و مقابله با خشکسالی و بیابان‌زایی پیشنهاد داد، به‌طوری که میزان خسارت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از آن به حداقل برسد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مآخذ

۱. حسینی، محمود؛ اختصاصی، محمدرضا؛ بزی، خدارحم (۱۳۸۹). «بررسی نوع و شدت عوامل مؤثر در بیابان‌زایی سیستان (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ نیاتک)». *فصل‌نامهٔ فضای جغرافیایی*، شمارهٔ ۳۱، صفحات ۱۳٦ – ۱۱۹.

۲. خسروی، حسن (۱۳۸۲). *کاربرد مدل مدالوس در بررسی بیابان‌زایی کاشان*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۳. زهتابیان، غلامرضا؛ رفیعی امام، عمار (۱۳۸۲). «ESAs، روشی جدید برای ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ حساسیت مناطق به بیابان‌زایی». *مجلهٔ بیابان*، دورهٔ هشتم، صفحات ۱۲٦–۱۲۱.

٤. زهتابیان، غلامرضا؛ جعفری، رضا (۱۳۸۱). «تعیین شدت تخریب منابع آب در منطقهٔ کاشان با استفاده از مدل بیابان‌زایی». *فصل‌نامهٔ محیط‌شناسی*، شمارهٔ ۳۰، صفحات ۳۰– ۱۹.

۵. طاوسی، تقی (۱۳۸۸). «فرآیندها پیامدهای بیابان‌زایی». *فصل‌نامهٔ چشم‌انداز جغرافیایی*، سال چهارم، شمارهٔ ۹، صفحات ۱۳۸– ۱۲۱.

٦. یوسفی، یوسف؛ عبادی، محمد (۱۳۹۰). «بررسی روند بیابانی‌شدن دشت خمین». *سومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعهٔ پایدار تالاب‌های کویری ایران*، اراک.

۷. علی‌اکبری، حسین (۱۳۹۰). *پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی در دشت خواف*. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.

۸. محمدقاسمی، سیلوانا؛ زهتابیان، غلامرضا؛ احمدی، حسن (۱۳۸۷). «ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقهٔ زابل از منظر معیار آب با مدل مدالوس». *مجلهٔ منابع طبیعی*، شمارهٔ ۸۰، صفحات ٦۷ – ٦۰.

۹. مرادی، حمیدرضا؛ فاضل پور، محمدرضا؛ صادقی، سیدحمیدرضا؛ حسینی، سیدزین‌العابدین (۱۳۸۷). «بررسی تغییر کاربری اراضی در بیابان‌زایی محدودهٔ شهر اردکان با استفاده از سنجش از دور». *فصل‌نامهٔ تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، دورهٔ ۱۵، شمارهٔ۱، صفحات ۱۲–۱.

www.SID.ir

Archive of SID

10. Ladias, G. Todofvica, M; Trisorio-Liuzzi, G (2002). "Characterization of area sensitive to desertification in Sotern Italy". Proc, of the 2 Conf. on new trend in water and environmental engineering for safety and life, Eco-compatible solution for aquatic environment. Capri, Italy,.2-14.
11. Sepehr, A. Hassanli; A. Ekhtesasi, M.R; Jamali, J (2007). "Quantitative assessment desertification in south of Iran using MEDALUS method". *Environmental Monitoring assessment*, Netherlands, Spring Press.
12. UNCCD (1994). "Intergovernmental Negotiating Committee for the Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or desertificatio". *Particularly in Africa. United Nations.*
13. Xia, L.; Anthony, C (2004). "Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS". *Land Scape and Urban planning*, 69, 335-354.
14. Yang, M.; Shoaling, W; Tandong, Y (2004). "Desertification and its relationship with permafrost degradation in Qinghai-Xizang (Tibet) plateau". *Cold Region Science and Technology*, 39, 47 -53.

www.SID.ir