

مدل‌سازی پتانسیل خطر بیابان‌زایی در نتیجه فرسایش خاک به منظور ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز چهلچای، استان گلستان)

ابراهیم کریمی سنگ چینی^۱، اعظم مومن‌زادی^۲، فرهاد هنردوست^۳، عبدالحسین آرامی^۴

۱-دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد

۳-کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴-دانشجوی دکتری مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

از مشکلات فرسایش، هدررفت خاک و از بین رفتن پوشش گیاهی، افزایش پتانسیل بیابان‌زایی می‌باشد. بیابان‌زایی یکی از مسائل مهم و تهدید کننده منابع طبیعی و جوامع بشري است. در این تحقیق برای بررسی وضعیت فعلی بیابان‌زایی حوضه آبخیز چهلچای- استان گلستان با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی از روش (IMPDA) با تأکید بر عوامل زمینی استفاده شد. براین اساس از دو معیار بیابان‌زایی وضعیت خاک و فرسایش آبی با ۸ شاخص بیابان‌زایی جهت بررسی و تهیه نقشه پتانسیل بیابان‌زایی منطقه استفاده شد. سپس برای هر معیار اصلی مهمترین شاخص‌های موثر در کیفیت آن معیار بررسی و با شیوه IMPDA وزن‌دهی انجام شد و با محاسبه میانگین هندسی شاخص‌ها و بهره‌گیری از نرم افزار Arc 9.3-Arc GIS، نقشه‌های مربوط به وضعیت هر معیار یا لایه اصلی تهیه شد. در انتها از میانگین هندسی معیارها، نقشه مناطق حساس به بیابان‌زایی تهیه گردید. نتایج نشان داد که ۹۴ درصد از کل منطقه مورد بررسی در کلاس متوسط بیابان‌زایی، ۶ درصد در کلاس کم بیابان‌زایی قرار دارد. آنالیزهای بعدی نشان داد که کلاس‌های شدت فرسایش آبی و حساسیت سازند سنگی به فرسایش از مهمترین شاخص‌های بیابان‌زایی در حوضه آبخیز چهلچای است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در این حوضه فرسایش آبی بیشترین نقش را در بیابان‌زایی ایفا می‌نماید که در مدیریت جامع و آمایش سرزمین این حوضه کوهستانی باید مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، حوضه آبخیز چهلچای، سامانه اطلاعات جغرافیایی، فرسایش خاک، IMPDA

Modeling the Potential Risk of Desertification Resulting from Soil Erosion in Order to Provide Appropriate Management Solutions(Case Study:Watershed Chehlchay, Golestan)

Ebrahim Karimi Sangchini¹, Azam Momzaee^{2*}, Farhad Honardost³, Abdolhosien Arami⁴

1- Student Watershed, Gorgan University

2- Watershed graduate student, University of Yazd

3- Management of the desert region, Gorgan University

4- Student Management desert areas, Gorgan University

* Corresponding Author's E-mail(Azam_mumzai@yahoo.com)

Abstract

Of erosion problems, loss of soil and vegetation is increasing the potential desertification. Desertification is one of the major issues threatening the natural resources and human societies. In order to assess the current status of desertification Chehlchay-Golestan watershed is studied using GIS technique (IMPDA) focusing on land factors. Based on the criteria of desertification, soil erosion and desertification indicators for surveying and mapping with 8 potential desertification were used. Finally, the geometric mean of criteria, maps of those areas susceptible to desertification were prepared. The results showed that 94 percent of the whole area is in the middle-class area of desertification and 6% is in the lower class. Further analysis showed that the intensity of water erosion and sensibility of rock structure to erosion are of the most important indicators of desertification in Chehlchay basin. Results show that water erosion plays an important role in desertification which should be considered in integrative management and planning system of this mountainous area.

Keywords: Desertification, Chehlchay watershed, GIS, soil erosion, IMPDA.

الف-مقدمه

در حال حاضر بیابان‌زایی به عنوان یک معضل گریبان‌گیر بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه است. این مشکل نه تنها در نواحی خشک و نیمه‌خشک بلکه در بخش‌هایی از مناطق نیمه‌مرطوب نیز دیده می‌شود (رهتابیان و همکاران، ۱۳۸۶). براساس گزارش^۲ UNCOD، این پدیده آینده بیش از ۷۸۵ میلیون نفر را تهدید می‌کند و سالانه ۵۰۰۰۰ کیلومترمربع اراضی حاصلخیز، غیرقابل استفاده می‌شوند (جعفری و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه به اینکه ۱۶۰ رصد از مساحت ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و یک‌سوم این مناطق حساس به بیابان‌زایی می‌باشند (Farajzadeh & Nik Eghbal, ۲۰۰۷) بنابراین مقابله با این پدیده، بویژه در ایران بسیار کارساز و سودمند خواهد بود.

فهم صحیح و بهتر روند تخریب سرزمین و بیابان‌زایی و همچنین خطر بالقوه آن در آینده جز از طریق مطالعات مستمر و همه‌جانبه، بررسی‌های دقیق محلی و بهره‌گیری از روش‌های ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی، میسر نمی‌باشد. جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی تحقیقات متعددی در کشورهای مختلف صورت گرفته که به ارائه مدل‌های منطقه‌ای منجر شده است. از مهمترین آنها می‌توان به روش^۳ ICD (اختصاصی و مهاجری، ۱۳۷۵)، روش^۴ MICD با تأکید بر فرآیند فرسایش بادی (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴)، روش فائو – یونپ، روش آکادمی علوم ترکمنستان (Babaev, ۱۹۸۵) و روش^۵ MEDALUS (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴) اشاره کرد. روش‌های فائو – یونپ و آکادمی علوم ترکمنستان به علت پیچیده بودن مراحل ارزیابی (Kosmas, et al, ۱۹۹۹) اشاره کرد. روش‌های فائو – یونپ و آکادمی علوم ترکمنستان با خصوصیات محلی منطقه و عدم اطلاعات کافی برای کارشناسان داخلی، عدم انطباق فرآیندهای اصلی و فرعی بیابان‌زایی با خصوصیات محلی منطقه و عدم اطلاعات کافی برای ارزیابی هر یک از فرآیندهای بیابان‌زایی در ایران از کارآیی مناسبی برخوردار نمی‌باشد. از طرفی روش‌های داخلی نظیر

² - United Nation Conference On Desertification

3- Iranian Classification of Desertification

4- Modified Iranian Classification of Desertification

5 - Mediterranean Desertification and Land Use

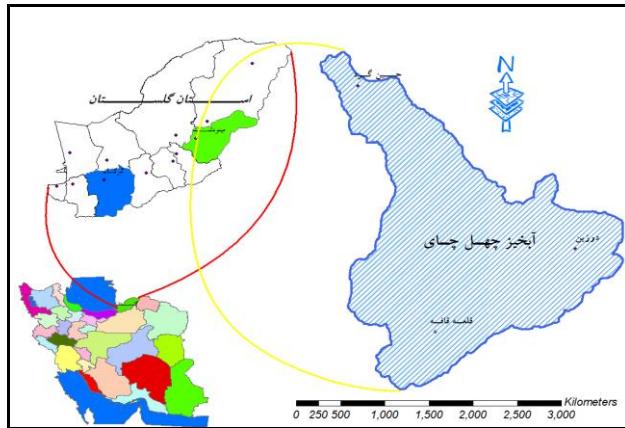
ICD به علت ارزیابی کیفی عوامل بیابان‌زایی و دو برابر کردن امتیاز عوامل محیطی در مناطق عاری از پوشش‌گیاهی قابلیت استفاده در مطالعات تفصیلی را ندارد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹).

زهتابیان و همکاران (۱۳۸۶) در ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در حوضه آبخیز ماهان گزارش نمودند که شدت بیابان‌زایی در مناطق بالادست حوضه به علت شبیه زیاد، عدم پوشش‌گیاهی مناسب و وجود سازندهای سنگی حساس به فرسایش آبی، زیاد می‌باشد. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی میزان تاثیر معیارهای خاک و فرسایش بادی در بیابان‌زایی منطقه سیستان گزارش نمودند که معیار خاک نسبت به معیار فرسایش بادی تاثیر کمتری در بیابان‌زایی منطقه داشته است. همچنین مدل بیابان‌زایی IMPDA به علت استفاده از قابلیت‌های بالای GIS در تلفیق شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی، سادگی مراحل ارزیابی و جمع‌آوری اطلاعات پایه نسبت به سایر روش‌های ارائه شده دقیق‌تر است.

بیابان‌زایی در حوضه آبخیز چهلچای به دلیل شرایط ادافیکی، ژئولوژیکی خاص منطقه در شکل فعال خود به‌وقوع پیوسته است لذا مبارزه با بیابان‌زایی و کنترل آن در منطقه ضروری می‌باشد. بنابراین هدف اصلی تحقیق بررسی و تهیه نقشه پتانسیل بیابان‌زایی حوضه آبخیز چهلچای با استفاده از روش IMPDA با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

ب- مواد و روش‌ها

چهلچای از حوضه‌های کوهستانی کشور با مختصات ۲۳° تا ۳۸° طول شرقی و ۵۵° تا ۳۷° عرض شمالی، دارای وسعت ۲۵۶۸۳/۱۲ هکتار می‌باشد. این حوضه از لحاظ تقسیمات سیاسی در محدوده شهرستان مینودشت و یکی از زیرحوضه‌های بزرگ گرگانرود می‌باشد (شکل ۱). حداقل ارتفاع ۱۳۵ متر و حداکثر آن ۲۵۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه حوضه برابر ۷۶۶/۵ میلیمتر، حدود ۹۰ درصد بارش به صورت باران می‌باشد. از لحاظ زمین‌شناسی در حد واسطه دو ایالت بزرگ ساختاری - رسوی البرز شرقی و کپه‌داغ غربی قرار داشته، کن tact سازندهای حوضه اکثراً از نوع گسلی می‌باشد. بیشترین سطح آن حدود ۶۰ درصد پوشیده از جنگل و اراضی زراعی بقیه سطح حوضه را در بر می‌گیرد (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۳).



شکل ۱: موقعیت حوضه آبخیز چهل چای در ایران و گلستان

۱-روش کار

مراحل بررسی و تهیه نقشه پتانسیل بیابان زایی حوضه آبخیز چهل چای براساس مدل بیابان زایی IMPDA (احمدی و همکاران، ۱۳۸۲) به شرح ذیل است:

۱-۱- تعیین محدوده منطقه مورد مطالعه

با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰)، عکس‌های هوایی (۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰) و بررسی‌های میدانی حوضه آبخیز بسته شد.

۱-۲- تعیین واحدهای کاری (نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی)

با استفاده از نقشه توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰) رقومی شده توسط اداره آبخیزداری استان گلستان به تهیه نقشه^۶ DEM اقدام شد و با استفاده از DEM، شیب حوضه تهیه شد. توسط این نقشه و عکس‌های هوایی (۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰) و نقشه زمین-شناسی حوضه (۱:۱۰۰۰۰)، نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی تهیه و سپس با عملیات زمینی مورد بازبینی قرار گرفت. هر رخساره ژئومورفولوژی به عنوان واحد اصلی ارزیابی بیابان زایی مدنظر قرار گرفت.

۱-۳- شناسایی و انتخاب معیارهای موثر در بیابان زایی منطقه

⁶ -Digital Elevation Model



بیابان‌زایی پدیده‌ای پیچیده است و تحت تاثیر عوامل بیابان‌زایی مختلفی ایجاد می‌شود. در تهیه نقشه بیابان‌زایی، بررسی چندین معیار (عامل) بیابان‌زایی به طور همزمان موجب تعديل یا تشديد تاثير اين عوامل مي‌شود(احمدی و همکاران،۱۳۸۲). بنابراین در اين تحقیق با توجه به اينکه خاک و فرسایش آبی از موثرترین معیارهای زمینی در بیابان شدن حوضه آبخیز چهلچای است و از طرفی چون بیابان‌زایی، بیشترین نمود عینی خود را در خاک برجا می‌گذارد(جعفری و همکاران،۱۳۸۵). از دو معیار خاک و فرسایش آبی برای تهیه نقشه پتانسیل بیابان‌زایی منطقه استفاده شدند.

۴-۱- تهیه نقشه پتانسیل بیابان‌زایی حوضه براساس مدل بیابان‌زایی IMPDA

برای تهیه نقشه پتانسیل بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه از دو معیار بیابان‌زایی خاک و فرسایش آبی استفاده شدند. معیار خاک براساس شاخص‌های، بافت خاک، هدایت الکتریکی، عمق خاک و درصد سنگریزه عمقی در واحدهای کاری مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور چند پروفیل خاک‌شناسی جهت تشریح و نمونه‌برداری در واحدهای کاری حفر گردید. جدول شماره ۱، شاخص‌های انتخابی جهت ارزیابی در مورد معیار خاک براساس مدل بیابان‌زایی IMPDA در منطقه را نشان می‌دهد. برای تهیه نقشه معیار خاک پس از ارزش‌دهی هر شاخص، لایه‌های رسترهای هر یک از شاخص‌ها تهیه و با تلفیق این لایه‌ها در محیط GIS معیار خاک طبق رابطه (۱) به دست آمد(ذوققاری و همکاران،۱۳۸۹). که در ارزیابی نهایی وضعیت بیابان‌زایی منطقه تحت عنوان معیار خاک اعمال می‌گردد.

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{عمق خاک} \times \text{درصد سنگریزه عمیقی} \times \text{هدایت الکتریکی} \times \text{باft} = \text{معیار}$$

خاک

جدول ۱- شاخص‌های مورد بررسی در معیار خاک براساس مدل IMPDA

وضعیت بالفعل بیابان‌زایی				کلاس	شاخص
۱/۷۵-۲	۱/۵-۱/۷۴	۱/۲۵-۱/۴۹	۱-۱/۲۴		
(خیلی شدید)	(شدید)	(متوسط)	(کم)		
>۱۶	۹-۱۶	۵-۸	<۵		هدایت الکتریکی (EC)
<۲۰	۲۰-۵۰	۵۰-۸۰	>۸۰		عمق خاک (cm)
شنی و لومی شنی	لوم درشت	لوم ریز	رسی و لومی رسی		باft خاک
>۷۵	۳۵-۷۵	۱۵-۳۵	<۱۵		میزان سنگریزه عمقی

فرسایش آبی یکی از معیارهای مهم بیابان‌زایی و فاکتور بازدارنده برای تحقیق توسعه اقتصادی-اجتماعی به دلیل تخریب منابع زیستمحیطی می‌باشد. فرسایش خاک یا تخریب فیزیکی خاک از یک سو از دسترس خارج نمودن مواد و عناصر غذایی موردنیاز گیاهان موجود در آن از سوی دیگر موجب پس رفت کمی و کیفی خاک می‌شود. معیار فرسایش آبی، به وسیله کلاس شدت فرسایش آبی، شبیب، درصد پوشش گیاهی و حساسیت سازند سنگی به فرسایش آبی ارزیابی شده است (جدول ۲). این شاخص‌ها براساس روش IMPDA امتیاز دهی شده و لایه رستری آنها تهیه گردید. با تلفیق این لایه‌ها براساس رابطه ۲ ارزش معیار فرسایش آبی مشخص گردید.

رابطه ۲^{۱۴} (حساسیت سازند به فرسایش × درصد پوشش گیاهی × شبیب × کلاس شدت فرسایش آبی) = معیار فرسایش آبی

جدول ۲-شاخص‌های مورد بررسی در معیار فرسایش آبی براساس مدل IMPDA

وضعیت بالفعل بیابان‌زایی				شاخص
۱/۷۵-۲ (خیلی شدید)	۱/۵-۱/۷۴ (شدید)	۱/۲۵-۱/۴۹ (متوسط)	۱-۱/۲۴ (کم)	کلاس
V	IV	III	II و I	کلاس شدت فرسایش آبی
>۲۰	۱۰-۲۰	۵-۱۰	<۵	شبیب (درصد)
<۱۵	۱۵-۲۵	۲۵-۳۵	>۳۵	درصد پوشش گیاهی
سنگ‌های آبرفتی دانه درشت، سنگ‌های دگرگونی، کنگلومرا، سنگ‌های آهکی و ماسه سنگ آهک متناسب ماسه سنگ لسان نمکی	سنگ‌های آهکی و ماسه سنگ آهک متناسب ماسه سنگ لسان نمکی	سنگ‌های آهکی و ماسه سنگ آهک متناسب ماسه سنگ لسان نمکی	سنگ‌های آهکی و ماسه سنگ آهک متناسب ماسه سنگ لسان نمکی	حساسیت سازند به فرسایش آبی

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی دو معیار خاک و فرسایش آبی، براساس رابطه (۳) لایه‌های مذکور در محیط نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تلفیق و نقشه پتانسیل بیابان‌زایی منطقه بدست آمد. براساس جدول ۳، شدت بیابان‌زایی حوضه تعیین گردید.

$$DM = (SI \times WEI)^{1/8} \quad (۳)$$

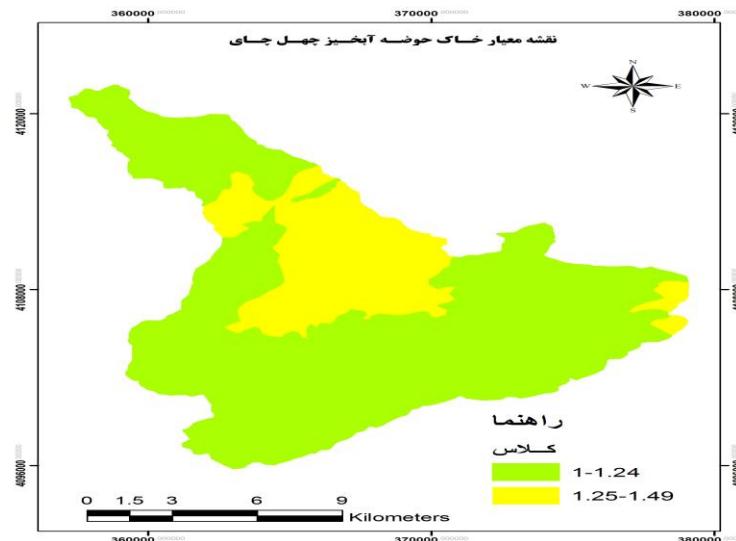
DM: نقشه بیابان‌زایی حوضه، SI: معیار خاک، WEI: معیار فرسایش آبی

جدول ۳- کلاس‌های شدت بیابان‌زایی براساس مدل IMPDA

کلاس بیابان‌زایی	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	دامنه ارزش عددی	کم
I		۱-۱/۲۴	کم
II		۱/۲۵-۱/۴۹	متوسط
III		۱/۵-۱/۷۴	شدید
IV		۱/۷۵-۲	خوبی شدید

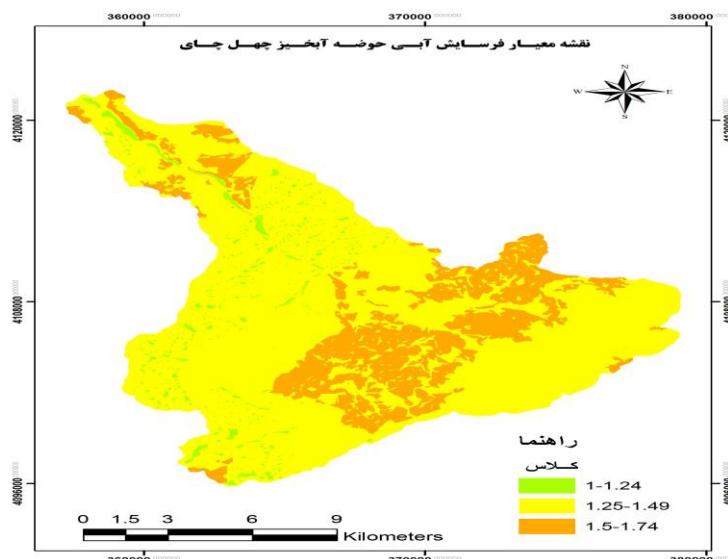
ج- نتایج و بحث

نقشه کیفیت هر معیار بیابان‌زایی از میانگین هندسی شاخص‌های مربوط به آن بدست آمد. شکل ۲ نقشه کیفیت معیار خاک، براساس روش IMPDA نشان می‌دهد که از میانگین هندسی ۴ شاخص بیابان‌زایی، شامل: هدایت الکتریکی، عمق خاک، بافت خاک و میزان سنگریزه عمقی حاصل شده است. تقریباً ۷۷ درصد از کل حوضه آبخیز چهل چای از نظر کیفیت معیار خاک در کلاس کم قرار دارد و از بین شاخص‌های مورد بررسی در معیار کیفیت خاک، به ترتیب شاخص بافت خاک با متوسط وزنی ۱/۱۹ و شاخص هدایت الکتریکی با متوسط وزنی ۱/۰۵ بیشترین و کمترین تاثیر در بیابان‌زایی منطقه دارد.



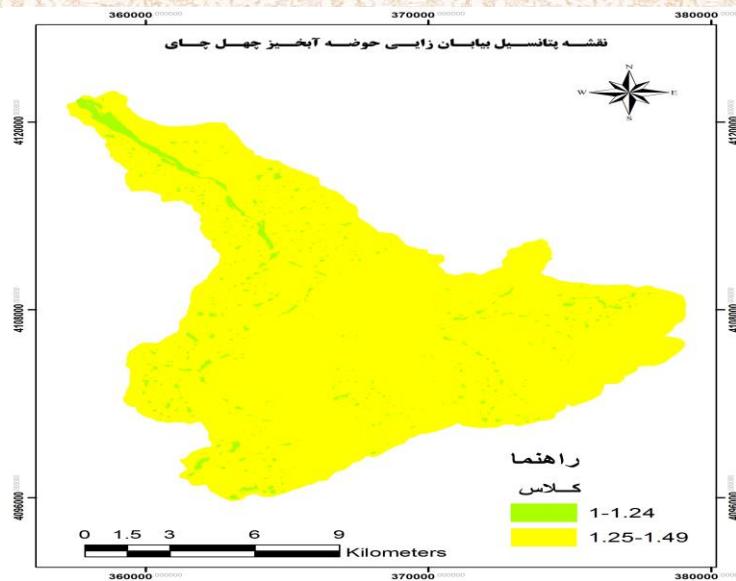
شکل ۲- لایه معیار خاک حوضه آبخیز چهل چای

نقشه کیفیت فرسایش آبی از میانگین هندسی، ۴ شاخص بیابان‌زایی، شامل: کلاس شدت فرسایش آبی، شبیب، درصد پوشش‌گیاهی، و حساسیت سازند سنگی به فرسایش در محیط نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تهیه گردید. شکل ۳ نقشه لایه معیار فرسایش آبی حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیش از ۹۷ درصد کل حوضه آبخیز از نظر کیفیت معیار فرسایش آبی در کلاس‌های متوسط و شدید قرار دارد و از بین شاخص‌های مورد بررسی در معیار فرسایش آبی، به ترتیب شاخص کلاس شدت فرسایش آبی با متوسط وزنی $1/4$ و شاخص درصد پوشش گیاهی با متوسط وزنی $1/1$ بیشترین و کمترین تاثیر در بیابان‌زایی منطقه دارد.



شکل ۳- لایه معیار فرسایش آبی آبخیز چهل چای

نقشه پتانسیل بیابان‌زایی حوضه مورد مطالعه براساس روش IMPDA از میانگین هندسی دو معیار بیابان‌زایی، شامل: معیار خاک و معیار فرسایش آبی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تهیه شد. شکل ۴، نقشه پتانسیل بیابان‌زایی حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مساحت کل حوضه آبخیز چهل چای، $25683/12$ هکتار است که $24080/16$ هکتار از آن (۹۴ درصد) در کلاس بیابان‌زایی متوسط و $1512/94$ هکتار از آن (۶ درصد) در کلاس بیابان‌زایی کم قرار می‌گیرد.



شکل ۴- نقشه پتانسیل بیابان زایی آبخیز چهل چای

بازدید از نتایج این نقشه پتانسیل بیابان زایی حاصل از مدل بیابان زایی IMPDA مشخص می شود که بخش وسیعی از حوضه مورد مطالعه به لحاظ شدت بیابان زایی در کلاس متوسط قرار می گیرد. بطوریکه حدود ۹۴ درصد از منطقه دارای کلاس بیابان زایی متوسط و ۶ درصد در کلاس بیابان زایی کم از نظر بیابان زایی قرار دارد. بنابراین نتایج حاکی از آن است که بیش از ۹۴ درصد از منطقه به بیابان زایی حساس می باشد که با نتایج فرجزاده و نیک اقبال (۲۰۰۷) مبنی بر حساسیت حوضه های آبخیز به بیابان زایی در ایران انطباق دارد. در بین معیارهای مورد بررسی در بیابان زایی حوضه، معیار خاک با متوسط وزنی ۱/۱۷ و کلاس کم کمترین اثر و معیار فرسایش آبی با متوسط وزنی $1/3$ و کلاس متوسط موثر ترین معیار در بیابان زایی منطقه بوده است. کیفیت نامناسب معیار فرسایش آبی را می توان در شاخص های بیابان زایی کلاس شدت فرسایش آبی و حساسیت سازنده ای سنگی به فرسایش جستجو کرد. حوضه آبخیز چهل چای به دلیل دارا بودن شیب زیاد، تغییر کاربری از جنگل به زمین زراعی دیم و وجود سازنده ای سنگی حساس به فرسایش آبی، از لحاظ معیار فرسایش آبی در کلاس کیفی پایینی قرار داشته و حساس به بیابان زایی می باشد، نتایج حاصله با نتایج زهتابیان و همکاران (۱۳۸۶) همخوانی دارد. مدل بیابان زایی IMPDA با در نظر گرفتن شاخص های متناسب با شرایط حوضه، سادگی و مرحله ای بودن روش کار و استفاده از میانگین هندسی در محاسبه معیارها در محیط Arc GIS 9.3 برخلاف روش های ICD و MICD و فائو - یونپ، از کارایی و دقیق بیشتری در تهییه نقشه بیابان زایی حوضه برخوردار است.



این بررسی بدون توجه به اقلیم، آب، عوامل اقتصادی- اجتماعی و تنها با تاکید بر عوامل زمینی (معیارهای خاک و فرسایش آبی) صورت گرفته است، بی تردید نتایج حاصل باید با دیگر بخش‌ها جمع‌بندی شود تا بتوان در مورد پدیده بیابانی شدن ارزیابی صورت گیرد. به همین دلیل فقط نتایج بدست آمده از این قسمت را نباید در برنامه ریزی‌ها مدنظر قرار داد.

۵- منابع

- احمدی، ح. م، جعفری و زهتابیان، غ، (۱۳۸۳)، "طرح تدوین شرح خدمات جامع و متداول‌واری تعیین معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی در ایران". دانشکده منابع طبیعی ایران.
- احمدی، ح، ا، ابریشم، م، ر، اختصاصی، م، جعفری و گلکاریان، ع، (۱۳۸۴)، "ارزیابی و تهیه نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی با استفاده از مدل ICD و MICD در منطقه فخرآباد - مهریز". مجله علمی - پژوهشی بیابان، ۱۰، (۱) ۱۶۹-۱۸۷.
- اختصاصی، م، ر، و مهاجری، س، (۱۳۷۵)، "روش طبقه‌بندی بیابان و شدت بیابان‌زایی در ایران". مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زایی، کرمان.
- جعفری، م، ف، پناهی، ح، احمدی، ح، عباسی، م، موسوی، م، ع، زارع و طویلی، ع، (۱۳۸۵)، "ارزیابی شاخص‌های معیار خاک جهت بررسی وضعیت بیابان‌زایی مناطق سلیمان، حسین‌آباد میش مست و گازران در استان قم". فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، (۱۳)، ۲۸۳-۲۷۸.
- حسینی، س. م. ر، اختصاصی و بزی، خ، (۱۳۸۹)، "بررسی نوع و شدت عوامل موثر در بیابان‌زایی سیستان". فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، ۳۱، (۹) ۱۳۶-۱۱۹.
- ذوالفقاری، ف، ع، شهریاری، ا، فخیره، س، نوری، ع، راشکی و خسروی، ح، (۱۳۸۹)، "بررسی میزان تاثیر معیارهای خاک و فرسایش بادی در بیابان‌زایی منطقه سیستان به کمک GIS". همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری کشور.
- زهتابیان، غ. ح، احمدی، م، ر، اختصاصی و خسروی، ح، (۱۳۸۶)، "واسنجی مدل MEDALUS به منظور ارائه یک مدل منطقه‌ای برآورده شدت بیابان‌زایی در منطقه کاشان". مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰، (۳۰) ۷۴۴-۷۲۷.
- زهتابیان، غ. م، ر، جوادی، ح، احمدی، ح، آذرینوند و بیزان پناه، ا، (۱۳۸۶)، "ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی و ارائه یک مدل منطقه‌ای در حوزه آبخیز ماهان (با تاکید بر فرسایش آبی)". مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰، (۲) ۴۳۷-۴۱۹.
- وزارت جهاد کشاورزی، (۱۳۸۳)، "طرح تفضیلی اجرایی حوضه آبخیز چهلچای". جلد اول، مطالعات پایه، بخش زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، شرکت خدمات مهندسی مشاور گلستان، وزارت جهاد سازندگی، ۲۲-۱۷.
- Babaev, A. G., (1985), "Methodological principals of desertification processes assessment and mapping". Desert Research Institute, Ashgabat, 72P.
- FAO/UNEP., (1984), "Provisional methodology for assessment and mapping of desertification". Food and Agriculture Organization, United Nations Environmental Programme, Rome, 84 p.
- Farajzadeh, M. Nik Eghbal, M., (2007), "Evaluation of MEDALUS Model for desertification hazard zonation using GIS". Pakistan Journal of Biological Sciences 10(16), 2622 – 2630.
- Kosmas, C. Ferrara, A. Briassoulis, H. and Imeson, A., (1999), "Methodology for mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification". Mediterranean desertification and land use (MEDALUS). P37-47, In: Kosmas, C., M. Kirkby and N. Geeson(eds), The Medalus project Mediterranean desertification and land use, European Commission, Luxembourg.