

## بررسی وضعیت بیابانزایی با استفاده از مدل IMDPA با تأکید بر معیارهای فرسایش آبی و بادی (مطالعه موردی: منطقه بهاباد استان یزد)

اعظم حبیبی‌پور: کارشناس ارشد اداره کل محیط زیست استان یزد، یزد، ایران \*

حسن اکبری: کارشناس ارشد اداره کل محیط زیست استان یزد، یزد، ایران

علی طالبی: استادیار دانشکده منابع طبیعی و کورشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

وصول: ۱۳۹۰/۱۱/۲۳ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۲۲، صص ۱۶۸-۱۵۱

### چکیده

بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی در سال‌های اخیر منجر به تشدید فرآیند بیابانزایی گردیده است و برای مقابله با آن یک عزم جدی و فراگیر لازم است. هدف از این مطالعه بررسی وضعیت بیابانزایی منطقه بهاباد با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابانزایی (IMDPA) با تأکید بر معیارهای فرسایش آبی و بادی می‌باشد. این موضوع ضمن ارزیابی وضعیت فرسایش پذیری منطقه می‌تواند به شناسایی عوامل و شاخص‌های مهم در بروز بیابانزایی کمک نموده و مناطق بحرانی جهت انجام اقدامات کنترلی و مؤثر را تعیین نماید. ارزیابی پتانسیل بیابانزایی اراضی به صورت کمی و کیفی در قالب واحدهای کاری و تحت شرایط اقلیمی خشک انجام گرفت. در مورد معیار فرسایش آبی چهار شاخص نوع و تراکم فرسایش آبی، تراکم زهکشی، نوع استفاده از اراضی و تراکم پوشش گیاهی و در مورد معیار فرسایش بادی نیز سه شاخص ظهور رخساره فرسایشی، تراکم پوشش غیرزنده و تعداد روزهای گرد و خاک بررسی شد. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان داد که در بخش معیار فرسایش آبی، بالغ بر ۶۱ درصد منطقه از نظر شدت پتانسیل بیابانزایی در وضعیت متوسط و حدود ۳۹ درصد منطقه از این نظر در وضعیت زیاد قرار دارد. در بخش معیار فرسایش بادی، قسمت عمده منطقه (۹۷/۸ درصد)، از نظر پتانسیل بیابانزایی در وضعیت زیاد قرار دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که معیار فرسایش بادی بیشتر از معیار فرسایش آبی در بیابانزایی منطقه مؤثر است. علاوه بر آن پوشش سطح زمین هم از نظر معیار فرسایش آبی (شاخص پوشش گیاهی) و هم از نظر معیار فرسایش بادی (شاخص تراکم پوشش غیر زنده و پوشش گیاهی) نقش مهمی در رخداد پدیده بیابانزایی در عرصه مطالعاتی دارد و در مجموع اگرچه عوامل طبیعی در این منطقه سهم مهمی در بیابانی شدن اراضی داشته‌اند، اما پارامترهای انسانی و مدیریتی علاوه بر تأثیر مستقیم در تخریب اراضی و بیابانزایی، به طور غیر مستقیم در تشدید اثرات عوامل طبیعی عمل کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی: بهاباد، فرسایش آبی، فرسایش بادی، مدل IMDPA، وضعیت بیابانزایی، یزد

### مقدمه

چند عامل فعال، تخریب سرزمین اطلاق می‌شود

(یونپ، ۱۹۷۷). در همایش محیط زیست و توسعه

ملل متحد که در شهر ریودوژانیرو در سال ۱۹۹۲

به کاهش بیوماس در اکوسیستم‌های مناطق خشک،

نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب بیابانزایی و به

کاهش استعداد و تخریب منابع خاک به وسیله یک یا

برای ارائه مدل مناسبی از بیابانزایی که با شرایط ایران منطبق باشد، مدل‌های بیابانزایی که در کشورهای مختلف جهان انجام شده‌اند مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند و سرانجام با در نظر گرفتن شرایط موجود در ایران مدل‌هایی از جمله مدل (MICD<sup>۲</sup>) توسط اختصاصی و همکاران (۱۳۸۲) و (IMDPA<sup>۳</sup>) توسط احمدی و همکاران (۱۳۸۳) ارائه گردیده است (اختصاصی و همکاران، ۱۳۸۹).

مدل‌های ارزیابی شدت بیابانزایی به طور گسترده توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته‌اند و بعضاً بر حسب نظر کارشناسی و شرایط منطقه ای برخی فاکتورهای دیگر نیز در این موضوع دخیل شده‌اند. جعفری (۱۳۸۰) در مطالعه‌ای که بر روی شدت تخریب منابع آب در منطقه کاشان داشت از دو مدل فائو- بونپ و اختصاصی- مهاجری استفاده کرد. وی نواقص مدل فائو- بونپ را نادیده گرفتن شرایط خاص بیوم‌های منطقه خاورمیانه از جمله ایران، ارزش گذاری یکسان عوامل انسانی با عوامل محیطی، نادیده گرفتن تخریب منابع به ویژه افت سفره زیرزمینی در وقوع بیابانزایی و عدم اشاره به نوع واحدهای کاری برشمرده است. علاوه بر آن وی نواقص روش اختصاصی- مهاجری را کوچک مقیاس بودن مدل و نامناسب بودن ارزیابی مدل در عرصه‌های فاقد حضور انسان عنوان نموده است. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۰)، در بررسی عوامل بیابانزایی دشت حسین‌آباد میش- مست قم علاوه بر عوامل اقلیمی و خاکشناسی، عوامل دیگری نظیر ژئومورفولوژی، سنگ‌شناسی و

برگزار گردید بیابانزایی<sup>۱</sup> به معنی تخریب سرزمین و کاهش بیوماس در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه-مرطوب خشک ناشی از تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسان تعریف گردید (اختصاصی، ۱۳۷۹). در دهه‌های اخیر فرایندهای بیابانی شدن همچون از بین رفتن اراضی حاصلخیز و بارور، کاهش زیست‌توده (بیوماس) در جنگل‌ها، مراتع و اراضی کشاورزی، شور شدن و فرسایش اراضی، کاهش کمی و کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی، خسارات غیرقابل جبرانی را به همراه داشته است. بیابان‌زایی معضل مهم تخریب زمین در نواحی خشک جهان است (درنگه، ۱۹۸۶). بیابان‌زایی در کشورهای در حال توسعه و نیز کشورهایی که دارای پتانسیل بالای بیابان‌زایی می‌باشند، از شدت بیشتری برخوردار است. لذا مقابله با این پدیده، به‌ویژه در کشورهای فوق بسیار کارساز و سودمند خواهد بود. دو سوم وسعت کشور ایران نیز در معرض بیابانزایی قرار دارد. این مناطق با ضعف پوشش گیاهی روبرو بوده و غالبیت فرایندهای بیابان‌زا، طوفان‌های گرد و غبار و حرکت ماسه‌های روان به تدریج این مناطق را با کاهش زیست توده و در نهایت گسترش بیابانزایی مواجه می‌نماید. جهت ارائه راهکارها و روش‌های مدیریتی مناسب در این زمینه، شناخت فرایندهای بیابان‌زایی و عوامل به‌وجود آورنده و تشدید کننده آن و همچنین آگاهی از شدت و ضعف این فرایندها و عوامل آن، امری مهم و ضروری است که باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد (طباطبایی، ۱۳۸۹).

<sup>2</sup> Modified Iranian Classification Of Desertification

<sup>3</sup> Iranian Model Of Desertification Potential Assessment

<sup>1</sup> Desertification

در دشت تربت حیدریه مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که در این روش به کمبود بارندگی، محدودیت منابع آب و تأثیر آن بر کاهش ذخائر ژنتیکی و به طور کلی شرایط طبیعی حاکم بر مناطق خشک توجهی نشده است. سپهر (۱۳۸۴)، در بررسی علل بیابانزایی جنوب استان فارس، بیان داشته که اگرچه عوامل طبیعی در این منطقه سهم مهمی در ایجاد بیابانی شدن اراضی داشته، اما پارامترهای انسانی و مدیریتی در منطقه علاوه بر این که به طور مستقیم تخریب اراضی و بیابانزایی را به همراه داشته است، به طور غیر مستقیم نیز به عنوان عاملی در تشدید اثرات مخرب عوامل طبیعی عمل کرده‌اند. احمدی (۱۳۸۵)، به منظور تهیه نقشه بالفعل بیابانزایی در دو اقلیم خشک و خشک نیمه مرطوب (حبله رود) و خشک و نیمه خشک (شرق اصفهان)، مدل IMDPA را به کار برد. وی توانایی ارائه پتانسیل بیابانزایی برای اقلیم مختلف، امکان استفاده از اطلاعات به دست آمده در آمایش سرزمین و برنامه ریزی مدیریت اراضی، امکان استفاده از GIS و ارائه نقشه شدت بیابان زایی برای یافتن مناطق بحرانی جهت اجرای طرح‌های بیابانزدایی را از مزایای روش IMDPA عنوان نموده است. زهتابیان و همکاران (۱۳۸۵)، برای بررسی شدت بیابانزایی در حوزه آبخیز ماهان، روشی را از تلفیق دو مدل فائو-بونپ و روش اختصاصی- مهاجری (ICD) پیشنهاد دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که منطقه مورد مطالعه در کلاس متوسط بیابانزایی قرار دارد. چمن پیرا و همکاران (۱۳۸۵) به منظور تعیین شدت وضعیت فعلی بیابانزایی در حوزه آبخیز کوه دشت از روش ICD استفاده نمود و به این نتیجه رسید که بیابانزایی با شدت متوسط در منطقه به

هیدرولوژی را به عنوان عوامل مؤثر شناسایی نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که فرایند شوری زایی و قلیائیت تحت تأثیر عوامل طبیعی در ۵۱ درصد منطقه غالب است و در ۴۹ درصد اراضی فرایندهای فرسایش آبی و بادی، تخریب پوشش گیاهی و منابع آب عوامل غالب بیابانزایی می باشند. ابریشم (۱۳۸۳)، از روش مدالوس<sup>۱</sup> بسط یافته جهت بررسی وضعیت بیابانزایی دشت ابراهیم آباد مهریز استفاده نمود. نتایج مطالعه وی نشان داد ۴۹/۵۴ درصد از منطقه مطالعاتی تحت کلاس کم، ۴۱/۷۶ درصد عرصه تحت کلاس متوسط و ۸/۳۸ درصد از منطقه تحت کلاس بیابانزایی شدید قرار دارد. خسروی (۱۳۸۳)، یک مدل منطقه ای را با واسنجی روش مدالوس ارائه و بوسیله آن بیابانزایی کاشان را بررسی نمود. نتایج تحقیق وی نشان داد روتد بیابانزایی در منطقه رو به گسترش است و فرایند تخریب منابع آب در منطقه بیشترین تأثیر را در بیابانزایی دارد. وی همچنین با مقایسه نتایج به دست آمده از این روش با سایر روش‌های ارزیابی بیابان (فائو- بونپ، اختصاصی- مهاجری (ICD)، ESAs و.. ) به این نتیجه رسید که روش مدالوس برای منطقه مورد مطالعه مناسب بوده و از کارایی مناسبی برخوردار است. وی برآورد دقیق از شدت بیابانزایی، تعداد نسبتاً کافی از معیارها و شاخص‌های منطبق با شرایط منطقه، در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف تخریب سرزمین و توجه به انتخاب شاخص‌های ارزیابی بیابانزایی با توجه به نوع کاربری در هر واحد کاری را از مزایای روش مدالوس عنوان کرد. فلاح مهنه (۱۳۸۳)، کارایی روش فائو-بونپ را

هاراشه و تاتیشی (۲۰۰۰)، در غرب آسیا نقشه بیابانزایی را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور تهیه کردند و طبقات بیابانزایی را به چهار گروه کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم بندی کردند. لادیسا و همکاران (۲۰۰۲)، برای ارزیابی بیابانزایی با توجه به روش مدالوس شش شاخص را برای ارزیابی در نظر گرفتند. این شاخص‌ها عبارتند از: خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، مدیریت و فشار انسانی. میانگین شاخص‌های کاربری اراضی و مدیریت به عنوان یک شاخص در نظر گرفته شد و در نهایت از میانگین هندسی ۵ شاخص مذکور، نقشه بیابانزایی ترسیم شد. جورج لیرا (۲۰۰۴) با استفاده از تصاویر TM، سه متغیر بافت زمین، شاخص پوشش مناطق خشک و آلودگی زمین را مورد بررسی قرار داد و پس از ارزیابی این متغیرها به عنوان فرایندهایی که می‌توانند موجب بیابانزایی گردند، شدت بیابانزایی در مناطق نیمه خشک را به شش طبقه تقسیم بندی نمود.

مونیاستینی و همکاران (۲۰۱۰)، به منظور ارزیابی خطر بیابانزایی در ایتالیا شش پارامتر کلیدی بیابان-زایی شامل چرای بیش از حد، تولیدات گیاهی، حاصلخیزی خاک، فرسایش آبی، فرسایش بادی و حریم دریا را در دو دوره زمانی شبیه سازی کردند. این کار در محیط GIS انجام گردید. بر این اساس نتایجی که نرمالیزه شده بودند وزن دهی گردید و در شاخص جامع بیابانزایی (IDI) ترکیب و کلاسه بندی شد و نتایج در دامنه ۰ تا ۱ که بیانگر بهترین و بدترین شرایط است قرار گرفت و در نهایت خطر بیابانزایی منطقه را به ۵ سطح تقسیم‌بندی کردند. در مجموع همانگونه که پیش از این اشاره گردید جهت ارزیابی

وقوع پیوسته و روند آن رو به گسترش است و مهمترین عامل بیابانزایی در منطقه مورد مطالعه عامل انسانی می‌باشد. وی همچنین با مقایسه دو روش فائو-بونپ و روش اختصاصی-مهاجری (ICD)، روش ICD را روش مناسب تری در منطقه بیان کرده است. نتایج مطالعات وی نشان داد که در حوزه کوه دشت پارامترهای انسانی و مدیریتی به نسبت پارامترهای طبیعی در بیابانزایی منطقه نقش مهمتری داشته‌اند. عبدی (۱۳۸۶) وضعیت بیابانزایی منطقه ابوزید کاشان را با استفاده از مدل IMDPA بررسی نمود. وی بیان کرده؛ مدل مذکور به دلیل انعطاف پذیری، استفاده از میانگین هندسی به جای میانگین وزنی و استفاده از تکنولوژی GIS<sup>۱</sup> دارای حداقل خطای کارشناسی می‌باشد. رئیسی ۱۳۸۷، شدت بیابانزایی منطقه کهیر کنارک را با استفاده از مدل IMDPA با تکیه بر چهار معیار اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی مورد بررسی قرار داد. وی در بررسی خود مهمترین عامل بیابانزایی در منطقه را معیار خاک ذکر کرده است. طباطبایی (۱۳۸۹) با استفاده از دو مدل ایرانی IMDPA و MICD به بررسی شدت بیابانزایی دشت فخرآباد مهریز در استان یزد پرداخت. یافته‌های وی نشان داد که بخش اعظم منطقه مورد مطالعه در کلاس متوسط بیابانزایی قرار دارد. به طوری که در روش IMDPA، ۸۸/۳ درصد از منطقه و در روش MICD نیز ۸۱/۴ درصد از منطقه مطالعاتی تحت کلاس متوسط بیابانزایی قرار دارد.

ناهمواری‌های منطقه را می‌توان به دو دسته مناطق کوهستانی با شیب بیشتر از ۱۵ درصد و مناطق دشتی با شیب کمتر از ۱۵ درصد تقسیم کرد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی در استان یزد

بررسی منحنی‌های آمبروترمیک منطقه نشان می‌دهد که محدوده مطالعاتی از اوایل آبان تا اواسط فروردین در دوره مرطوب و بقیه سال در دوره خشک قرار دارد و بر اساس روش دومارتن دارای اقلیم خشک می‌باشد (ایمانی، ۱۳۹۰).

## ۲- روش کار

در این تحقیق جهت بررسی وضعیت بیابانزایی و ارائه نقشه بیابانزایی در منطقه، از مدل IMDPA استفاده گردید. این روش در سال ۱۳۸۳ با همکاری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران و دفتر تثبیت شن و بیابانزدایی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور بر اساس نیازهای مطالعاتی و ساختار طبیعی، اجتماعی و اقتصادی حاکم بر مناطق مختلف آب و هوایی ایران (خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه-مرطوب) و به منظور شناخت معیارها و شاخص‌های مؤثر بر شدت بیابانزایی طراحی شد. در این تحقیق

بیابانزایی، تحقیقات مختلفی در نقاط مختلف دنیا صورت گرفته و منجر به ارائه مدل‌های متعددی شده است. هر یک از مدل‌ها بنا به موقعیت و شرایط اقلیمی منطقه خاصی ارائه شده است. بنابراین استفاده از این مدل‌ها در نقاط دیگر بایستی با دقت نظر و در صورت لزوم کالیبراسیون مدل همراه باشد.

لازم به ذکر است بررسی وضعیت بیابانزایی محدوده مطالعاتی از طریق اندازه‌گیری فرسایش‌پذیری خاک منطقه و شناسایی عوامل مؤثر بر آن به منظور شناسایی مناطق بحرانی جهت انجام اقدامات کنترلی و مؤثر در تمام سطوح از اهداف کلی این مطالعه می‌باشد. که برای دستیابی به آن از مدل IMDPA استفاده شد. چراکه این مدل نتیجه نهایی طرح جامع تعیین شاخص‌ها و معیارهای بیابانزایی در ایران است که با مشارکت ۳۵ نفر از اساتید و محققین برجسته کشور تدوین گردیده و در نوع خود اولین طرحی است که در سطح ملی جهت کمی‌سازی معیارها و شاخص‌های تأثیرگذار بر روند بیابانزایی در زیست بوم‌های کشور ارائه شده است.

## مواد و روش‌ها

### ۱- منطقه مطالعاتی:

محدوده مطالعاتی بهاباد، با وسعتی معادل ۶۶۵۷۱/۱ هکتار در جنوب شرق استان یزد و حوزه استحفاظی شهرستان بافق قرار گرفته است. این بخش در محدوده طول جغرافیایی ۵۵°۱۵' تا ۶۵°۱۵' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱°۳۵' تا ۳۲°۵' شمالی قرار دارد. فاصله مرکز محدوده تا مرکز استان (شهرستان یزد) ۲۱۰ کیلومتر می‌باشد (شکل ۱). بالاترین ارتفاع از سطح دریا در این منطقه ۲۰۲۰ متر بوده و پست‌ترین قسمت آن ۹۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. به طور کلی

۱- نقشه واحدهای کاری محدوده مطالعاتی مورد نظر با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای مربوطه به همراه بازدیدهای میدانی از منطقه تولید شد.

۲- با توجه به اقلیم منطقه و مقادیر مربوط به مساحت تحت فرسایش (E)، پوشش گیاهی (V) و نرخ تخریب (r) تیپ فرسایش منطقه از جدول ۱ استخراج گردید.

دو معیار فرسایش آبی و بادی از مدل IMDPA مورد بررسی قرار گرفته است.

ارزیابی پتانسیل بیابانزایی اراضی به صورت کمی و کیفی در قالب واحدهای کاری و تحت شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک انجام گرفت. در مورد معیار فرسایش آبی چهار شاخص نوع و تراکم فرسایش آبی، تراکم زهکشی، نوع استفاده از اراضی و تراکم پوشش گیاهی بررسی و لایه‌های اطلاعاتی به ترتیب زیر در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ایجاد شد.

جدول شماره ۱- تعیین تیپ فرسایش آبی منطقه بر اساس اقلیم، مساحت تحت فرسایش، پوشش گیاهی و نرخ تخریب

نوع اقلیم	تیپ فرسایش	مساحت تحت فرسایش (E)، پوشش گیاهی (V) و نرخ تخریب (r)														
		کم			متوسط			زیاد			خیلی زیاد					
		r	V	E	r	V	E	r	V	E	r	V	E			
نیمه مرطوب	I	<۴۰	>۶۰	۰/۱	۴۰-۵۰	۰/۲-۰/۵	۶۰-۷۰	۰/۶-۰/۷	۴۰-۳۰	۵۰-۷۰	۰/۲-۰/۵	۴۰-۶۰	۰/۶-۰/۷	>۷۰	<۳۰	۰/۷-۰/۹
	II	<۲۰	>۵۰	۰/۲	۳۰-۴۰	۰/۳-۰/۴	۴۰-۶۰	۰/۴-۰/۶	۳۰-۲۵	۴۰-۶۰	۰/۳-۰/۴	۵۰-۳۰	۰/۴-۰/۶	>۶۰	<۲۵	۰/۶-۰/۹
	III	<۲۰	>۴۰	۰/۲	۲۰-۳۰	۰/۳-۰/۴	۴۰-۳۰	۰/۴-۰/۶	۳۵-۲۰	۳۰-۵۰	۰/۳-۰/۴	۴۰-۳۰	۰/۴-۰/۶	>۵۵	<۲۰	۰/۶-۰/۹
	IV	<۲۰	>۳۰	۰/۲	۲۰-۳۰	۰/۳-۰/۴	۳۰-۳۰	۰/۴-۰/۶	۲۰-۱۵	۳۰-۵۰	۰/۳-۰/۴	۳۰-۳۰	۰/۴-۰/۶	>۵۰	<۱۵	۰/۶-۰/۹
	V	<۱۰	>۲۵	۰/۲	۱۰-۲۰	۰/۳-۰/۴	۲۰-۱۵	۰/۴-۰/۶	۱۵-۱۰	۲۰-۴۰	۰/۳-۰/۴	۲۰-۱۵	۰/۴-۰/۶	>۴۰	<۱۰	۰/۶-۰/۹
نیمه خشک	I	<۵۰	>۷۰	۰/۱	۵۰-۶۰	۰/۲-۰/۵	۶۰-۷۵	۰/۶-۰/۷	۵۰-۴۰	۶۰-۷۵	۰/۲-۰/۵	۷۰-۵۰	۰/۶-۰/۷	>۷۵	<۴۰	۰/۷-۰/۹
	II	<۴۰	>۶۰	۰/۲	۴۰-۵۰	۰/۳-۰/۴	۵۰-۶۰	۰/۴-۰/۶	۳۰-۵۰	۵۰-۶۰	۰/۳-۰/۴	۵۰-۶۰	۰/۴-۰/۶	>۶۰	<۳۰	۰/۶-۰/۹
	III	<۲۰	>۵۰	۰/۲	۳۰-۴۰	۰/۳-۰/۴	۴۰-۵۰	۰/۴-۰/۶	۴۰-۳۰	۳۰-۵۰	۰/۳-۰/۴	۵۰-۴۰	۰/۴-۰/۶	>۵۰	<۳۰	۰/۶-۰/۹
	IV	<۲۰	>۴۰	۰/۲	۲۰-۳۰	۰/۳-۰/۴	۳۰-۴۰	۰/۴-۰/۶	۳۰-۲۵	۳۰-۴۰	۰/۳-۰/۴	۳۰-۴۰	۰/۴-۰/۶	>۴۰	<۲۵	۰/۶-۰/۹
	V	<۱۵	>۳۰	۰/۲	۱۵-۲۰	۰/۳-۰/۴	۲۰-۲۵	۰/۴-۰/۶	۲۵-۱۵	۲۰-۳۰	۰/۳-۰/۴	۳۰-۲۵	۰/۴-۰/۶	>۳۰	<۱۵	۰/۶-۰/۹
خشک	I	<۶۰	>۷۵	۰/۱	۶۰-۵۰	۰/۲-۰/۵	۷۵-۶۰	۰/۶-۰/۷	۶۰-۵۰	۵۰-۶۵	۰/۲-۰/۵	۷۵-۶۰	۰/۶-۰/۷	>۷۵	<۵۰	۰/۷-۰/۹
	II	<۵۰	>۷۰	۰/۲	۵۰-۴۰	۰/۳-۰/۴	۷۰-۵۰	۰/۴-۰/۶	۵۰-۴۵	۴۰-۵۵	۰/۳-۰/۴	۷۰-۵۰	۰/۴-۰/۶	>۵۵	<۴۵	۰/۶-۰/۹
	III	<۴۰	>۶۵	۰/۲	۴۰-۳۰	۰/۳-۰/۴	۶۵-۴۵	۰/۴-۰/۶	۴۵-۴۰	۳۰-۴۵	۰/۳-۰/۴	۶۵-۴۵	۰/۴-۰/۶	>۴۵	<۴۰	۰/۶-۰/۹
	IV	<۲۰	>۶۰	۰/۲	۳۰-۲۰	۰/۳-۰/۴	۶۰-۴۰	۰/۴-۰/۶	۴۰-۳۰	۲۰-۳۵	۰/۳-۰/۴	۶۰-۴۰	۰/۴-۰/۶	>۳۵	<۳۰	۰/۶-۰/۹
	V	<۱۰	>۵۰	۰/۲	۲۰-۱۵	۰/۳-۰/۴	۵۰-۳۰	۰/۴-۰/۶	۳۰-۲۰	۱۵-۲۰	۰/۳-۰/۴	۵۰-۳۰	۰/۴-۰/۶	>۲۰	<۲۰	۰/۶-۰/۹

(\* I = فرسایش سطحی کم همراه با فرسایش شیبی پراکنده، II = فرسایش سطحی نسبتاً کم همراه با فرسایش‌های شیبی کم و خندقی پراکنده، III = فرسایش سطحی متوسط همراه با فرسایش‌های شیبی نسبتاً کم و خندقی همراه با آبراهه ای کم، IV = فرسایش سطحی با تراکم زیاد همراه با فرسایش‌های شیبی نسبتاً متراکم، خندقی با تراکم متوسط و آبراهه ای و V = فرسایش‌های سطحی شدید همراه با فرسایش‌های شیبی بسیار متراکم، خندقی زیاد توأم با زمین لغزش (یا هزار دره)، با فرسایش توده ای و یا فرسایش خندقی شدید و هزار دره (بدلند).

۳- شاخص نوع و تراکم فرسایش آبی از روش پسیاک، شاخص تراکم شبکه زهکش طبیعی از طریق محاسبه نسبت طول رودخانه‌ها و آبراهه‌های منطقه به مساحت آن بر حسب کیلومتر بر کیلومتر مربع، شاخص کاربری اراضی بر اساس نقشه کاربری اراضی و شاخص تاج پوشش گیاهی بر اساس نقشه مربوطه در هر یک از واحدهای کاری بررسی و امتیاز این شاخص‌ها در لایه‌های رقوم مجزا بر اساس جدول ۲ تعیین گردید.

۳- شاخص نوع و تراکم فرسایش آبی از روش پسیاک، شاخص تراکم شبکه زهکش طبیعی از طریق محاسبه نسبت طول رودخانه‌ها و آبراهه‌های منطقه به مساحت آن بر حسب کیلومتر بر کیلومتر مربع، شاخص کاربری اراضی بر اساس نقشه کاربری اراضی

جدول شماره ۲ - مقادیر کیفی و کمی شاخص‌های ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابانزایی بر اساس معیار فرسایش آبی (اقلیم

خشک)

اقلیم	شاخص و ارزش	ویدئو گتهای شاخص	امتیاز	ویدئو گتهای شاخص	امتیاز	ویدئو گتهای شاخص	امتیاز	ویدئو گتهای شاخص	امتیاز
خشک	۱- نوع و تراکم فرسایش آبی	نوع I با تراکم کمتر از ۶۰ درصد	۱	نوع I با تراکم ۶۰-۷۵ درصد	۱	نوع I با تراکم ۵۰-۶۰ درصد	۱	نوع I با تراکم بیش از ۷۵ درصد	۲
		نوع II با تراکم کمتر از ۵۰ درصد	۱	نوع II با تراکم ۵۰-۶۰ درصد	۱	نوع II با تراکم ۴۰-۵۰ درصد	۱	نوع II با تراکم بیش از ۶۰ درصد	۳
		نوع III با تراکم کمتر از ۴۰ درصد	۱	نوع III با تراکم ۳۰-۵۰ درصد	۱	نوع III با تراکم ۳۰-۴۰ درصد	۱	نوع III با تراکم بیش از ۵۰ درصد	۳
		نوع IV با تراکم کمتر از ۳۰ درصد	۱	نوع IV با تراکم ۳۰-۴۰ درصد	۲	نوع IV با تراکم ۲۰-۳۰ درصد	۲	نوع IV با تراکم بیش از ۴۰ درصد	۳
		نوع V با تراکم کمتر از ۲۰ درصد	۱	نوع V با تراکم ۲۰-۳۰ درصد	۳	نوع V با تراکم ۱۵-۲۰ درصد	۳	نوع V با تراکم بیش از ۳۰ درصد	۴
زهکش تراکم	کمتر از ۱۰ کیلومتر در کیلومتر مربع	۱	۲۰-۳۰ کیلومتر در کیلومتر مربع	۲	۱۰-۲۰ کیلومتر در کیلومتر مربع	۲	بیش از ۳۰ کیلومتر در کیلومتر مربع	۴	
	مرتع و علف زار خوب	۱	مرتع یا چراگاه فصلی فقیر	۲	مرتع یا چراگاه متوسط	۲	مرتع یا چراگاه اتفاقی خیلی فقیر	۳	

۴	زراعت آبی نمکی به آبهای زیرزمینی (>۷۰ درصد) و غیر اصولی	۳	زراعت آبی غیراصولی با استفاده از آبهای زیرزمینی بمیزان ۷۰٪	۲	زراعت آبی در اراضی با شیب حداکثر ۲۰٪ و با آبهای سطحی بمیزان ۵۰٪	۱	زراعت آبی بر اساس اصول زراعی با استفاده از آبهای سطحی بمیزان ۷۰٪
۴	زراعت دیم همراه با آیش بیش از ۵۰٪ اراضی و زراعت غیر اصولی در شیبهای بیش از ۷۰٪	۳	زراعت دیم همراه با آیش ۳۰-۵۰ درصد وسعت اراضی شیب ۵۰-۷۰ درصد	۲	زراعت دیم همراه با آیش کمتر از ۳۰٪ وسعت اراضی در اراضی با شیب حداکثر ۵۰٪	۱	زراعت دیم بدون آیش در اراضی با شیب کمتر از ۲۰ درصد و یا همراه با آیش اراضی به میزان حداکثر ۱۰ درصد وسعت اراضی دیم
۴	اراضی بایر، رها شده کم بازده و یا موات بمیزان بیش از ۵۰٪ کل مساحت واحد کاری	۳	اراضی بایر، رها شده کم بازده و یا موات بمیزان بیش از ۳۰٪ کل مساحت واحد کاری	-	اراضی بایر، رها شده کم بازده و یا موات	-	اراضی بایر، رها شده کم بازده و یا موات

۲	<۵۰	۲	۵۰-۶۰ درصد	۱	۶۰-۷۵ درصد	۱	>۷۵ درصد	نوع فرسایش I	د- تراکم تابع پوینش گیاهی
۳	<۴۵	۲	۴۵-۵۰ درصد	۲	۵۰-۷۰ درصد	۱	>۷۰ درصد	II	
۳	<۴۰	۲	۴۰-۴۵ درصد	۲	۴۵-۶۵ درصد	۱	>۶۵ درصد	III	
۳	<۳۰	۳	۳۰-۴۰ درصد	۲	۴۰-۶۰ درصد	۱	>۶۰ درصد	IV	
۴	<۲۰	۳	۲۰-۳۰ درصد	۲	۳۰-۵۰ درصد	۱	>۵۰ درصد	V	

هر کدام از واحدهای کاری بر اساس رابطه ۱ حاصل شد.

$$0 \leq i \leq 4 \quad I = \sqrt[3]{\Pi I_i} \quad (1) \text{ رابطه}$$

که در آن

۴- پس از تعیین هریک از شاخص‌های مذکور، هریک از آنها به عنوان یک لایه اطلاعاتی در نظر گرفته شد و از طریق روی هم‌گذاری و قطع دادن دوجه دوی آنها در محیط GIS امتیاز نهایی معیار فرسایش آبی در



۱- در رابطه با شاخص ظهور رخساره فرسایشی و یا تعیین شدت فرسایش از روش اریفر (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۹) استفاده شد.

۲- تراکم پوشش غیرزنده به کمک ترانسکت ۱۰۰ سانتی‌متری و برداشت ۱۰۰ نقطه به ازاء برخورد نوک مداد با مواد غیر زنده سطح خاک (که دارای وزن قابل توجه بوده و باد قادر به حمل آنها نیست)، اندازه‌گیری شد.

۳- تعداد روزهای گرد و خاک (Dust Storm Index) با استفاده از آمار ایستگاه‌های سینوپتیک مجاور محدوده مطالعاتی شامل بافق، طبس، انار و کرمان تعیین گردید.

I = امتیاز نهایی شاخص پتانسیل بیابان‌زایی بر اساس معیار فرسایش آبی در هر واحد کاری.

II = امتیاز هرکدام از چهار شاخص مذکور (شاخص نوع و تراکم فرسایش آبی، شاخص تراکم شبکه زهکش طبیعی، شاخص کاربری اراضی و شاخص تاج پوشش گیاهی) در هر یک از واحدهای کاری می‌باشد.

در مورد معیار فرسایش بادی نیز سه شاخص ظهور رخساره فرسایشی، تراکم پوشش غیرزنده و تعداد روزهای گرد و خاک به ترتیب زیر اندازه‌گیری شد.

جدول ۳- معرفی شاخص‌های مربوط به معیار فرسایش بادی جهت ارزیابی وضع موجود

وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنه امتیاز دهی				نوع شاخص
خیلی شدید ۴	شدید ۳	متوسط ۲	کم ۱	
تپه ماسه‌ای فعال کلوتک‌های متراکم و نزدیک به هم IRIFR < 25	- پهنه ماسه‌ای - کلوتک پراکنده شلجمی متراکم تشکیل سنگفرش کم‌تراکم 25 < IRIFR < 50	دارای آثار باد بردگی محدود در سطح خاک سطوح شلجمی پراکنده تشکیل سنگفرش بیابان متراکم 50 < IRIFR < 80	بدون آثار و اشکال فرسایش بادی و آشفتنگی خاک در طول سال IRIFR > 80	ظهور رخساره فرسایشی و یا تعیین شدت فرسایش ( امتیاز مدل فرسایش بادی اریفر IRIFR E.A. (۱ و ۲)
MC < 20	20 < MC < 40	40 < MC < 80	MC > 80	- درصد پوشش غیر زنده ( سنگریزه بزرگتر از ۲ میلیمتر) در سطح خاک (MC) - درصد پوشش گیاهی (PC)
PC < 10	10 < PC < 20	20 < PC < 40	PC > 40	
> 60	30 - 60	10 - 30	< 10	- شاخص تعداد روزهای طوفانی با گرد و خاک (DSI)

جدول شماره ۴ - تعیین کلاس شدت یا پتانسیل بیابانزایی براساس معیار فرسایش آبی و بادی

مقادیر I	کلاس (کفی)	کلاس (کتی)
۰-۱/۵	کم	۱
۱/۶-۲/۵	متوسط	۲
۲/۶-۳/۵	زیاد	۳
۳/۶-۴	خیلی زیاد	۴

### نتایج و بحث:

در بخش فرسایش آبی امتیاز دهی به چهار شاخص نوع و تراکم فرسایش آبی، تراکم زهکشی، نوع استفاده از اراضی و تراکم پوشش گیاهی در هر واحد کاری صورت گرفت که نتایج در جدول ۵ خلاصه شده است:

از طریق روی هم گذاری لایه‌های رقومی سه شاخص فوق، امتیاز نهایی معیار فرسایش بادی در هر کدام از واحدهای کاری بر اساس رابطه ۲ حاصل شد.

$$I = \sqrt[3]{\prod I_i} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$0 \leq i \leq 3$$

که در آن

$I$  = امتیاز نهایی شاخص پتانسیل بیابانزایی بر اساس معیار فرسایش بادی در هر واحد کاری  
 $I_i$  = امتیاز هر کدام از سه شاخص مذکور (شاخص ظهور رخساره فرسایشی، شاخص درصد پوشش غیر زنده و درصد پوشش گیاهی و شاخص تعداد روزهای گرد و خاک) در هر یک از واحدهای کاری می‌باشد.  
 در نهایت نقشه شدت بیابانزایی بر اساس معیار فرسایش آبی و بادی به طور مجزا مبتنی بر جدول ۴ تهیه گردید.

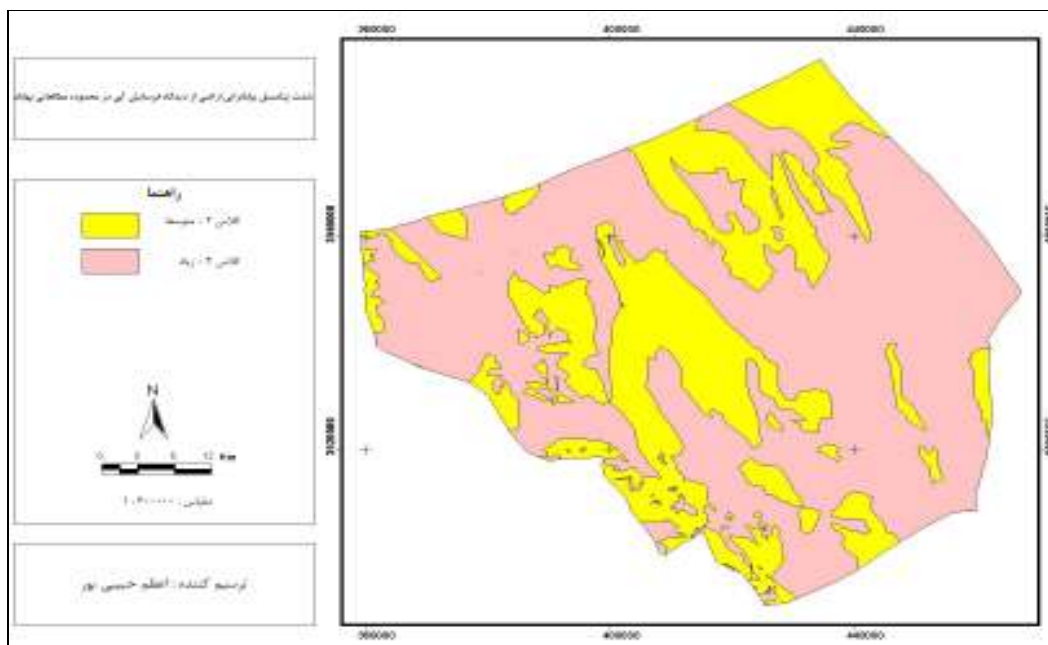
جدول شماره ۵ - مساحت تحت تأثیر شاخص‌های مورد بررسی در بخش فرسایش آبی

تراکم پوشش گیاهی		نوع استفاده از اراضی		تراکم زهکشی		نوع و تراکم فرسایش آبی		کلاس (کفی)	کلاس (کتی)
درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار		
-	-	-	-	-	-	-	-	کم	۱
۶۳/۳	۴۲۱۴۹/۴	۲۷/۷	۱۸۴۵۸/۱	۹۹/۳	۶۶۰۷۷	۹۱/۹	۶۱۱۸۳/۸	متوسط	۲
۳۲/۹	۲۱۹۳۲/۲	۷۱/۴	۴۷۵۴۳/۴	-	-	۷/۱	۴۷۴۰/۹	زیاد	۳
۲/۵	۱۶۳۰/۶	-	-	-	-	۱	۶۴۶/۶	خیلی زیاد	۴
۱/۳	۸۵۸/۹	۰/۹	۵۶۹/۶	۰/۷	۴۹۴/۱	-	-	-	Unknown

ملاک ارزیابی وضعیت بیابانزایی عرصه از نظر معیار فرسایش آبی می‌باشد. برای این منظور، امتیاز نهایی معیار فرسایش آبی در هر کدام از واحدهای کاری بر اساس رابطه ۱ و از طریق روی هم گذاری و قطع دادن دو به دوی لایه‌های رقومی مربوطه در محیط GIS تهیه

جدول ۵ نشان می‌دهد که از نظر معیار فرسایش آبی؛ در بین چهار شاخص مورد بررسی، پوشش گیاهی مهمترین عامل در تشدید بیابانزایی منطقه می‌باشد. پس از آن معیار نوع استفاده از اراضی، نوع و تراکم فرسایش آبی و تراکم زهکشی در رده‌های بعد قرار دارند. به هر صورت اثرات تجمعی این چهار شاخص

گردید ( شکل ۲). پس از آن مساحت و درصد کلاس شدت بیابانزایی عرصه محاسبه گردید (جدول ۶).



شکل ۲. شدت پتانسیل بیابانزایی اراضی از دیدگاه فرسایش آبی در محدوده مطالعاتی بهاباد

جدول شماره ۶ - شدت پتانسیل بیابانزایی اراضی از دیدگاه فرسایش آبی در محدوده مطالعاتی بهاباد

مساحت		کلاس	وضعیت کیفی
درصد	هکتار		
-	-	۱	کم
۶۱	۴۰۶۲۳/۵	۲	متوسط
۳۹	۲۵۹۴۷/۶	۳	زیاد
-	-	۴	خیلی زیاد

می‌توان فرسایش بادی شدیدی را به ویژه در اراضی شرقی و شمالی حوزه مشاهده نمود که از بارزترین مصادیق آن می‌توان به وجود ریدوهای متعدد، تپه‌های ماسه ای گیر افتاده و دشت ریگی در شمال و شرق منطقه اشاره نمود. در همین ارتباط و به منظور بررسی شدت بیابانزایی عرصه از نظر معیار فرسایش بادی، امتیاز دهی به سه شاخص ظهور رخساره فرسایشی، تراکم پوشش غیرزنده و تعداد روزهای گرد و خاک در هر واحد کاری صورت گرفت که نتایج در جدول ۷ خلاصه شده است:

همان طور که مشاهده می‌شود در بخش معیار فرسایش آبی، ۶۱ درصد منطقه از نظر شدت پتانسیل بیابانزایی در وضعیت متوسط و ۳۹ درصد منطقه از این نظر در وضعیت زیاد قرار دارد.

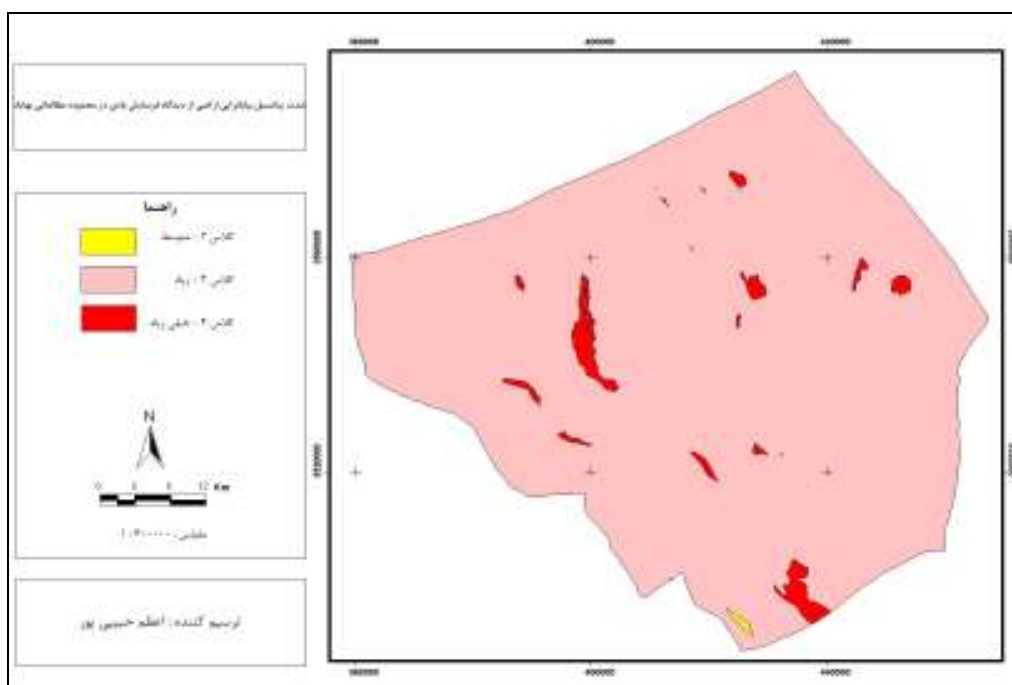
از آنجا که عملکرد فرسایش بادی در مناطق خشک بیش از مناطق مرطوب و نیمه مرطوب می‌باشد. در منطقه مطالعاتی نیز بنا به حاکمیت شرایط اقلیمی و خصوصیات ژئومورفوزیکی، ناپایداری منطقه در مقابل اثرات تخریبی باد کاملاً مشهود می‌باشد. به طوری که

جدول شماره ۷ - مساحت تحت تأثیر شاخص‌های مورد بررسی در بخش فرسایش آبی

تعداد روزهای گرد و خاک	پوشش سطح زمین (پوشش غیر زنده و پوشش گیاهی)		ظهور رخساره فرسایشی		کلاس (کیفی)	کلاس (کمی)	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد			
-	-	۲/۵	۱۶۶۹/۲	۵/۲	۳۴۳۷	کم	۱
۱۰۰	۶۶۵۷۱/۱	۷۲/۲	۴۸۰۵۰/۳	۱۹/۲	۱۲۸۱۱/۹	متوسط	۲
-	-	۱۶/۴	۱۰۹۲۱/۳	۶۷/۹	۴۵۱۹۳/۱	زیاد	۳
-	-	۸/۲	۵۴۵۰/۲	۶/۲	۴۱۱۵/۷	خیلی زیاد	۴
-	-	۰/۷	۴۸۰/۱	۱/۵	۱۰۱۳/۴	-	Unknown

در ادامه به منظور بررسی اثرات تجمعی سه شاخص ملاک عمل در ارزیابی وضعیت بیابانزایی عرصه از نظر معیار فرسایش بادی؛ امتیاز نهایی معیار فرسایش بادی در هر کدام از واحدهای کاری بر اساس رابطه ۲ محاسبه و نقشه مربوطه در محیط GIS تهیه گردید (شکل ۳).

جدول ۷ نیز مؤید آن است که در بین سه شاخص مورد بررسی، شاخص پوشش سطح زمین (پوشش غیر زنده و پوشش گیاهی) نقش بیشتری در بیابانزایی منطقه دارد. این در حالی است که در مطالعه صورت گرفته توسط طباطبایی (۱۳۸۹)، شاخص ظهور رخساره فرسایش بیشترین تأثیر را در بیابانی شدن دشت فخرآباد مهریز داشته است.



شکل ۳. شدت پتانسیل بیابانزایی اراضی از دیدگاه فرسایش بادی در محدوده مطالعاتی بهاباد

مساحت و درصد کلاس شدت بیابانزایی عرصه از نظر معیار فرسایش بادی در جدول ۸ ارائه شده است:

جدول شماره ۸ - شدت پتانسیل بیابانزایی اراضی از دیدگاه فرسایش بادی در محدوده مطالعاتی بهاباد

مساحت		کلاس	وضعیت کیفی
درصد	هکتار		
-	-	۱	کم
۰/۸	۴۸/۱	۲	متوسط
۹۷/۸	۵۹۵۹۱/۵	۳	زیاد
۲/۸	۱۳۱۲/۲	۴	خیلی زیاد

امور کشاورزی و صنعتی موجب پمپاژ بیش از حد آب از اعماق زمین شده است. این موضوع علاوه بر تأثیر مستقیم بر پوشش گیاهی موجب کاهش دبی آب رودخانه شور بهاباد که از طریق میکروگسل‌های موجود در منطقه به این سفره راه داشته، شده است. این در حالی است که علیرغم افت شدید سطح سفره، مقادیری از آب‌های زیرزمینی حوزه بهاباد جهت استفاده در مجتمع صنعتی و معدنی چادرملو در مسیری به طول ۷۰ کیلومتر به حوزه شهرستان اردکان منتقل شده است (ایمانی، ۱۳۹۰).

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، عوامل مهم در ایجاد فرسایش (آبی و بادی) و تشدید پدیده بیابانزایی در منطقه بهاباد را می‌توان به شرح ذیل معرفی نمود:

- وجود بادهای شدید و فرساینده که موجب کاهش رطوبت و سست شدن خاک، کاهش پوشش گیاهی و نهایتاً برداشت، حمل و ترسیب رسوبات بادی می‌گردند در وقوع فرسایش بادی و تشدید بیابانزایی عرصه نقش مهمی دارند. در میان جهات مختلف باد در منطقه، باد غرب و جنوب‌غرب از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. وجود تپه‌های ماسه ای گیر افتاده در دامنه‌های رو به غرب ارتفاعات واقع

همانطور که جدول ۸ نشان می‌دهند در بخش معیار فرسایش بادی، قسمت عمده منطقه (۹۷/۸ درصد)، از نظر پتانسیل بیابانزایی در وضعیت زیاد قرار دارند.

نتایج نشان می‌دهد پوشش سطح زمین هم از نظر معیار فرسایش آبی (شاخص پوشش گیاهی) و هم از نظر معیار فرسایش بادی (شاخص تراکم پوشش غیر زنده و پوشش گیاهی) نقش مهمی در رخداد پدیده بیابانزایی در عرصه مطالعاتی دارد. بخشی از این موضوع متأثر از وضعیت اقلیمی منطقه می‌باشد. اقلیم خشک، بارندگی کم و تبخیر و تعرق نسبتاً بالا شرایط سختی را در عرصه حاکم نموده است. این موضوع مزید بر خشکسالی‌های بسیار شدید سال‌های اخیر، زمینه را جهت افت کمی و کیفی پوشش گیاهی در منطقه فراهم نموده است. علاوه بر آن احداث ریل راه آهن و احداث جاده‌های متعدد نظیر راه‌های بین روستایی بهاباد- امیران و راه ارتباطی بنیز- بشکان و جاده‌هایی نظیر جاده بافق - چادرملو و جاده بهاباد- چادرملو که ارتباط سکونت گاه‌های منطقه بافق و بهاباد با مجموعه صنعتی و معدنی چادرملو را فراهم می‌آورند در تخریب پوشش گیاهی منطقه مؤثر بوده اند. از طرفی حفر چاه‌های عمیق متعدد جهت انجام

عمیق و نیمه عمیق، فعالیت‌های صنعتی و معدنی، کوره‌های آجرپزی به شدت بر وضعیت اکوسیستم منطقه تأثیرگذار بوده‌اند، به نحوی که افت شدید سفره‌های آب زیرزمینی، تخریب اراضی مرتعی در اثر پیامدهای ناشی از خشکسالی، چرای بی رویه، جاده‌سازی و ... در مجموع موجب کاهش پوشش گیاهی در عرصه، افزایش سطوح عایق و تشدید زمینه‌های بروز فرسایش بادی شده است.

• آیش و رهاسازی زمینهای کشاورزی نیز از دیگر عوامل مؤثر در رخداد پدیده فرسایش و به تبع آن تشدید بیابانزایی عرصه می باشد. لازم به توضیح است در عرصه مطالعاتی به ویژه در مجاورت رودخانه شور بهاباد به روستاهای متروکه با اراضی کشاورزی رها شده برخورد می‌شود. این روستاها که به لحاظ وقوع حرکات توده ای در دیواره‌های رودخانه به این شکل رها شده اند، فاقد هرگونه پوشش گیاهی بوده و رنگ و خصوصیات بافتی خاک، نشان دهنده فرسایش‌پذیری بالای این اراضی می‌باشد.

• احداث جاده‌های متعدد علاوه بر بروز زمینه فرسایش آبی، تشدید فرسایش بادی منطقه را نیز به همراه داشته است.

• حفر چاه‌های عمیق متعدد جهت انجام امور کشاورزی و صنعتی در ایجاد بیابانزایی در عرصه مؤثر بوده اند. این چاهها با صرف هزینه‌های گزاف، آب را با دبی دلخواه از اعماق زمین پمپاژ می‌کنند. چاه‌ها بر عکس قنوت به ظرفیت منابع آبی توجهی ندارند و به همین علت موجب پمپاژ بیش از حد آب از اعماق زمین می‌شوند. در محدوده دهستان جلگه بهاباد تعداد زیادی چاه جهت کشاورزی و چند حلقه چاه جهت امور صنعتی و معدنی حفر شده است. تاُمین آب

در شرق بهاباد مؤید این مطلب می باشد. این موضوع به ویژه در دامنه‌هایی که به موازات اراضی زراعی و مسکونی منطقه وجود دارند نمود بیشتری دارد و نشان می دهد اراضی زراعی یکی از مهمترین محل‌های برداشت رسوبات بادی عرصه می باشند.

• فرسایش آبی در سازندهای حساس به فرسایش در ارتفاعات منطقه، توانسته رسوبات ریزدانه زیادی را در سطح عرصه پخش نماید که همین رسوبات در مراحل بعدی توسط نیروی برشی باد به سمت مناطق ترسیب حرکت می‌کنند. در همین راستا اقدامات غیر اصولی برخی ارگان‌های زیربند در زمینه احداث بندخاکی منجر به تشدید زمینه‌های بروز فرسایش بادی شده است. به نحوی که احداث دو بند خاکی در اراضی دشتی جنوبی بهاباد موجب تجمع رسوبات ریزدانه در پشت این سازه‌ها شده است. این رسوبات ریز دانه نه تنها نفوذپذیری خاک پشت بند را کاهش داده و آب تجمع یافته صرفاً تبخیر شده و از دسترس خارج می‌شود، بلکه پس از تبخیر آب تجمع یافته، یکی از مناطق مهم برداشت رسوبات بادی به حساب می آید. این موضوع به ویژه در سال‌های خشک که بندهای خاکی مذکور فاقد آبیگری هستند تشدید می شود.

• حاکمیت اقلیم خشک، میزان بارندگی کم و تبخیر و تعرق نسبتاً بالا شرایط سختی را در منطقه حاکم نموده است. این موضوع مزید بر خشکسالی- های بسیار شدید سال‌های اخیر، زمینه را جهت افزایش فرسایش بادی در منطقه فراهم نموده است.

• وضعیت اقتصادی و اجتماعی منطقه از دیگر عوامل تشدید فرسایش بادی به حساب می‌آید گسترش بی رویه اراضی کشاورزی، حفر چاه‌های

و مطالعات چمن‌پیرا (۱۳۸۵) در بررسی وضعیت بیابانزایی حوزه آبخیز کوه دشت تطابق دارد.

### نتیجه گیری

مدل IMDPA روشی نسبتاً کامل و جامع می باشد که قبلاً با شرایط ایران مرکزی کالیبره شده است. در نتیجه خطای کارشناسی این روش کم می باشد. علاوه بر آن وجود تعداد نسبتاً کافی از شاخص‌های منطقی با شرایط منطقه در این مطالعه باعث گردیده تا برآورد نسبتاً دقیقی از شدت و وضعیت بیابانزایی عرصه به دست آید. به هر صورت برای دستیابی به نتایج دقیق تر در خصوص شدت بیابانزایی عرصه ضرورت دارد سایر معیارهای مدل IMDPA (اقلیم، زمین شناسی و ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی، کشاورزی، آب، اقتصادی اجتماعی و تکنولوژی توسعه شهری) نیز مورد بررسی قرار گیرند. ضمن اینکه بررسی وضعیت بیابانزایی عرصه با استفاده از سایر مدل‌های ارزیابی بیابانزایی می تواند ابعاد دیگری از موضوع را روشن و به شناسایی عوامل و شاخص‌های غالب در وقوع و تشدید فرایند بیابانزایی بیانجامد.

در مجموع بالغ بر ۶۱ درصد منطقه مطالعاتی از نظر معیار معیار فرسایش آبی در شدت پتانسیل بیابانزایی متوسط و حدود ۳۹ درصد منطقه از این نظر در وضعیت زیاد قرار دارد. این در حالی است که در بخش معیار فرسایش بادی، قسمت عمده منطقه (۹۷/۸ درصد)، از نظر پتانسیل بیابانزایی در وضعیت زیاد قرار دارد. بنابراین معیار فرسایش بادی بیشتر از معیار فرسایش آبی در بیابانزایی منطقه مؤثر است. علاوه بر آن پوشش سطح زمین هم از نظر معیار فرسایش آبی (شاخص پوشش گیاهی) و هم از نظر معیار فرسایش بادی (شاخص تراکم پوشش غیر زنده

مورد نیاز مجتمع صنعتی و معدنی چادرملو از آبخوان بهباد بر شدت افت سفره افزوده است. بر اساس بررسی‌های ایمانی (۱۳۸۹)؛ میزان افت سفره از سال ۱۳۷۸ که آغاز پمپاژ آب از دشت بهباد به معدن چادرملو می باشد، تا سال ۱۳۸۷ در مجموع ۶ متر می باشد. از این مقدار ۱/۲ متر افت سفره مربوط به برداشت آب در بخش صنعت و ۳/۹ مربوط به برداشت آب کشاورزی می باشد. کمتر از یک متر باقی مانده را می توان به سایر برداشت‌ها و خشکسالی‌های پی در پی سال‌های اخیر و کاهش چشم گیر نزولات جوی مربوط دانست.

• تجاوز به حریم رودخانه‌ها و آبراهه‌ها و کشت و کار غیر اصولی به ویژه در مجاورت رودخانه شور بهباد به وضوح مشاهده می گردد. کشت و کار در حاشیه رودخانه‌ها موجب افزایش نیروی سر باره و ناپایداری دیواره‌های رودخانه می‌گردد. کما اینکه وقوع لغزش‌های متعدد در مسیر این رودخانه نشان دهنده حساسیت مسیر رودخانه و ناپایداری آن است. گرچه علت اصلی وقوع چنین پدیده ای در منطقه بهباد، فعالیت تکنونیک ذکر شده است (مهرنهاد، ۱۳۸۰)، ولی نقش عوامل انسانی مؤثر در وقوع این فرایند را نمی توان نادیده گرفت.

در مجموع می توان گفت اگرچه عوامل طبیعی در این منطقه سهم مهمی در بیابانی شدن اراضی داشته اند، اما پارامترهای انسانی و مدیریتی علاوه بر اینکه به طور مستقیم تخریب اراضی و بیابانزایی را به دنبال داشته است، به طور غیر مستقیم نیز به عنوان عاملی در تشدید اثرات مخرب عوامل طبیعی عمل کرده‌اند. که این موضوع با یافته‌های سپهر (۱۳۸۴) در خصوص بررسی علل بیابانزایی در مناطق جنوب استان فارس

حاصل می‌شود به سادگی قابل برگشت نبوده و ممکن است زمین توان تولید خود را برای همیشه از دست دهد. از این رو توجه به مدیریت صحیح و بازیابی مجدد پوشش گیاهی در این نواحی بسیار مهم است. در غیر این صورت بلایای طبیعی نظیر فرسایش خاک، وقوع سیل‌های ویرانگر، برهم خوردن نظام‌های اقتصادی و اجتماعی منطقه و پیشروی بیابان از پیامدهای این سهل‌انگاری خواهد بود. از طرفی بارش پراکنده و عمدتاً غیر مؤثر از خصوصیات بارز این مناطق است. لذا به منظور تقویت پوشش گیاهی منطقه و بهره‌وری بهینه از بارش خصوصاً در دوره‌های خشکسالی، احداث چاله‌های هلالی آبگیر در نقاط تخریب شده پیشنهاد می‌شود. این چاله‌ها به شکل هلالی، شعاع ۱/۵ متر و عمق متوسط ۳۰ تا ۴۰ سانتیمتر، دارای سریزی از دو طرف بوده و توان ذخیره حدود ۰/۷ متر مکعب رواناب را دارد. جهت احیای پوشش گیاهی درون چاله‌ها استفاده از بذور گونه‌های بومی منطقه شامل درمنه، جارو علفی و برگ نقره‌ای، مورد توصیه است. ضمناً با توجه به شرایط منطقه، به منظور جلوگیری از تخریب چاله‌ها و ایجاد فرصت کافی جهت رشد بذرها و استقرار مناسب گیاهان جدید در داخل آن‌ها ضرورت دارد به مدت ۲ سال محدوده مورد نظر قرق و از ورود دام به منطقه جلوگیری شود.

و پوشش گیاهی) نقش مهمی در رخداد پدیده بیابانزایی در عرصه مطالعاتی دارد و در مجموع اگرچه عوامل طبیعی در این منطقه سهم مهمی در بیابانزایی دارند اما پارامترهای انسانی و مدیریتی علاوه بر تأثیر مستقیم در تخریب اراضی و بیابانزایی، به طور غیر مستقیم در تشدید اثرات عوامل طبیعی عمل کرده‌اند.

به هر صورت و با توجه به اینکه نتایج این تحقیق حاکی از نقش عمده پوشش سطح زمین در تشدید پدیده فرسایش (آبی و بادی) و به تبع آن بیابانزایی عرصه می‌باشد؛ ضرورت دارد در گام نخست با خیزشی علمی، رویه و نگاه سطحی به مراتع و منابع طبیعی عرصه را تغییر داد. چرا که به نقل قول از مصداقی (۱۳۸۲)، یک مرتع فقط شامل مقداری علوفه نیست، بلکه اکوسیستم یا مجموعه‌ای از گیاهان و محیط زیست آنهاست که باید به عنوان یک منبع طبیعی و قابل تجدید مد نظر باشد. در این خصوص رعایت ملاحظات زیست محیطی و مباحث مرتبط با آمایش سرزمین برای اجرای هر طرح و پروژه‌ای در منطقه الزامی است. علاوه بر آن آموزش جوامع محلی و افزایش سطح آگاهی و اطلاعات منابع طبیعی و زیست محیطی دست اندرکاران پروژه‌ها شامل مجری، مهندسین ناظر، پیمانکاران، تصمیم‌سازان دولتی و خصوصاً به ویژه در سطوح محلی و می‌تواند به توسعه پایدار منطقه و جلوگیری از ادامه روند بیابانزایی در عرصه منجر شود.

در مرحله بعد توجه به این مطلب ضروری است که در منطقه بهاباد به مانند سایر اکوسیستم‌های حساس مناطق خشک و نیمه خشک، کاهش تولید بیولوژیکی که در وهله اول از طریق تخریب پوشش گیاهی



## منابع

- ابریشم، الهام السادات، ۱۳۸۳، ارزیابی و تهیه نقشه بیابانزایی با تحلیل روش‌های FAO-UNEP، ICD و MICD در منطقه فخرآباد مهریز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- احمدی، حسن، ۱۳۸۵، کالیبراسیون معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابانزایی در ایران (با استفاده از مدل IMDPA) مطالعه موردی: شرق اصفهان.
- اختصاصی، محمد رضا، ۱۳۷۹، تحلیلی بر عوامل مختلف ارزیابی فرسایش بادی جهت تعیین شدت بیابانزایی به روش فائو-یونپ، سمینار دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- اختصاصی، محمدرضا و عادل سپهر، ۱۳۸۹، روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه نقشه بیابانزایی، انتشارات دانشگاه یزد، چاپ اول، ۲۸۶ صفحه.
- اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان یزد، ۱۳۸۴، مطالعات طرح جامع حوزه بهاباد (مرحله تفصیلی - اجرایی)، ۳۰۵ صفحه.
- ایمانی، مهناز، ۱۳۹۰، بررسی اثرات خشکسالی بر نوسانات سطح آب زیرزمینی در مناطق خشک (مطالعه موردی: دشت بهاباد یزد)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
- چمن‌پیرا، غلامرضا، احمدی و حسن، زهتابیان، غلامرضا، ۱۳۸۵، کاربرد روش ICD به منظور تعیین شدت وضعیت فعلی بیابانزایی در حوزه آبخیز کوه دشت، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹، ۱: ۵۵۵-۵۴۳.
- خسروی، حسن، ۱۳۸۳، کاربرد مدل MEDALUS در بررسی بیابانزایی منطقه کاشان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع دانشگاه تهران.
- رئیزی، عبدالغنی، ۱۳۸۷، بررسی عوامل موثر در شدت بیابانزایی (بیابان‌های ساحلی) با استفاده از مدل IMDPA در منطقه کهیر کنارک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- زهتابیان، غلامرضا، جوادی، محمد رضا، احمدی، حسن و آذرنیوند، حسین، ۱۳۸۵، بررسی اثر فرسایش بادی در افزایش شدت بیابانزایی و ارائه مدل منطقه ای بیابانزایی در حوزه آبخیز ماهان، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۱۹، ۳: ۷۵-۶۵.
- سپهر، عادل، ۱۳۸۴، ارزیابی کمی وضعیت فعلی بیابانزایی با استفاده از GIS و RS جهت ارائه یک مدل منطقه‌ای (با تأکید بر مدل مدالوس)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
- طباطبایی، منیره السادات، ۱۳۸۹، مقایسه پتانسیل شدت بیابانزایی به دو روش IMDPA و MICD با تأکید بر معیار فرسایش بادی (مطالعه موردی: دشت فخرآباد مهریز)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

- Dregne, H. E. 1986. Desertification of aridlands. In Physics of desertification, ed. F. El-Baz and M. H. A. Hassan. Dordrecht, The Netherlands: Martinus, Nijhoff. .
- Harasheh, H. and Tateishi, R., 2000. Desertification mapping of west ASIA-AGIS and remote sensing Application. Website: <http://www.gis.Development.net/aars/acrs>.
- Lira, G., 2004. A model of desertification process in a semi-arid environment employing multi-spectral images, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 249-258.
- Ladisa G, Todorovic M, Trisorio\_liuzzi G., (2002), Characterization of Area Sensitive to Desertification in Southern Italy, Proc of the 2<sup>nd</sup> Int. Conf. On New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solution for Aquatic Environmental, Capri, Italy.
- Monia Santini a, Gabriele Caccamo b,c, Alberto Laurenti b, Sergio Noce b, Riccardo Valentini., 2010, A Multi-component GIS Framework for Desertification Risk Assessment by an Integrated Index, Applied Geography 30, 394-415.
- UN, 1977. Desertification: its causes and consequences (Compiled and edited by the Secretariat of the UN conference on Desertification, Nairobi. Oxford: Pergamon PRESS.
- عبدی، ژاله، ۱۳۸۶، بررسی و تهیه نقشه شدت بیابانزایی بر اساس مدل IMDPA با تکیه بر دو معیار آب و خاک در منطقه ابوزید، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- فلاح مهنه، س، ۱۳۸۳، مقایسه کارایی روش‌های FAO-UNEP و اختصاصی مهاجر در پهنه بندی خطر بیابانزایی به منظور مدیریت دشت تربت حیدریه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گرگان.
- فیض‌نیا، سادات، علینقی گویا، حسن احمدی و حسین آذرنیوند، ۱۳۸۰، بررسی عوامل بیابانزایی دشت حسین‌آباد میش‌مست قم جهت ارائه یک مدل منطقه‌ای، مجله بیابان، ۶، ۲.
- مصادقی، منصور، ۱۳۸۲، مرتعداری در ایران، انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا (ع).
- مهر نهاد، حمید، ۱۳۸۶، بررسی زمین لغزش‌های خاکی منطقه بهاباد، معاونت امور عمرانی استانداری یزد.