مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳
ص ۳۴۵-۳۵۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۱

ارزیابی شدت بیابان‌زایی حوزهٔ آبخیز درخت سنجد با استفاده از مدل IMDPA

❖ **الهام‌السادات ابریشم*؛** دکتری بیابان‌زدایی، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
❖ **سادات فیض‌نیا؛** استاد دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

در این تحقیق از روش ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابانی‌زایی اراضی(IMDPA) برای ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی منطقهٔ درخت سنجد استفاده شد. پس از بررسی‌ها و ارزیابی‌های اولیه، چهار معیار اقلیم، پوشش گیاهی، خاک، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی این منطقه انتخاب شدند. با استفاده از روش فوق، امتیازات شاخص‌های هر معیار تعیین شد و ارزش آن معیار با محاسبهٔ میانگین هندسی امتیاز شاخص‌های آن محاسبه گردید. سپس، با استفاده از GIS، نقشهٔ شدت بیابان‌زایی منطقه تهیه شد. برای این منظور، لایه‌های رستری معیارهای مذکور روی‌هم‌گذاری و تلفیق شد و میانگین هندسی معیارها محاسبه گردید. در نهایت، با تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست‌آمده، به کمک مدل IMDPA نقشهٔ شدت بیابان‌زایی منطقه به‌دست آمد. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می‌دهد که کلاس شدت بیابان‌زایی در ۰٫۳۷ درصد از منطقه کم، در ۸۰ درصد از منطقه متوسط، و در ۱۹٫۶۳ درصد از منطقه شدید است. معیار پوشش گیاهی، با ارزش عددی ۳٫۰۵، بیشترین تأثیر و معیار زمین‌شناسی، با ارزش عددی ۱٫۸، کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارند. همچنین، معیارهای اقلیم و خاک به‌ترتیب، با ارزش عددی ۲٫۰۴ و ۲٫۲۱، شدت بیابان‌زایی متوسط را نشان می‌دهند.

واژگان کلیدی: درخت سنجد، شاخص، شدت بیابان‌زایی، مدل IMDPA، معیار.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۳۱۵۹۶۶۰۲
Email: Elhamabrisham@yahoo.com

مقدمه

بیابان‌زایی به معنی تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک، و خشک نیمه‌مرطوب است. بیابان‌زایی از عوامل مختلفی چون تغییرات آب و هوا و فعالیت‌های انسانی سرچشمه می‌گیرد [۶]. نخستین گام در اجرای فعالیت بیابان‌زدایی جلوگیری از گسترش بیابان است و باید متکی بر شناخت پدیده‌هایی باشد که هم جداگانه و هم در کنش با یکدیگر در یک ناحیه تغییراتی را به‌وجود می‌آورند و به بیابان‌زایی منجر می‌شوند. بیابان‌زایی مشتمل بر فرایندهایی است که در نتیجهٔ عوامل طبیعی و عملکرد نادرست انسان ایجاد می شود [۱۷]. طبق تعریف، بیابان‌زایی عبارت است از کاهش استعداد اراضی در اثر یک یا ترکیبی از فرایندها، از قبیل فرسایش آبی، فرسایش بادی، تخریب پوشش گیاهی، تخریب منابع آب، ماندابی‌شدن، شورشدن، و فرایندهای مشابه دیگر که با عوامل محیطی یا انسانی شدت می‌یابد.

شناخت معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی، بررسی یک مدل منطقه‌ای، و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر در بیابان‌زایی برای جلوگیری از گسترش پدیدهٔ بیابان‌زایی ضرورت دارد. برای شناخت وضعیت و شدت بیابان‌زایی و حمایت از عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر عوامل تخریب، باید معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی شناسایی و ارزیابی شود تا بتوان طرح‌های بیابان‌زدایی را با موفقیت اجرا کرد و از طریق استفادهٔ مطلوب از اراضی و درنظرگرفتن معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی از ایجاد این پدیده جلوگیری نمود [۱۹].

به منظور ارزیابی بیابان‌زایی، تحقیقات گوناگونی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته که به ارائهٔ مدل‌های منطقه‌ای فراوانی منجر شده، که خاص همان منطقه است. برای استفاده از این مدل‌ها در مناطق دیگر باید شاخص‌ها و معیارهای آن‌ها بررسی و مجدداً ارزیابی شوند و، با توجه به شرایط منطقهٔ مطالعاتی، تعدیل و اصلاح شوند. به همین منظور، طرح جامع کمّی‌سازی معیارها و شاخص‌های تأثیرگذار در روند بیابان‌زایی در زیست‌بوم‌های طبیعی کشور توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، و گروهی از استادان و محققان کشور در سال ۱۳۸۴ در سطح ملی تدوین شد. بر پایهٔ نتایج این طرح، ۹ معیار و ۳۵ شاخص بیابان‌زایی در ایران همراه با روش‌شناسی ارزیابی کمّی و کیفی آن‌ها در قالب مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی[1] (IMDPA) ارائه شد [۳] و، در پی آن، به منظور ارزیابی کارایی این مدل و شاخص‌ها و معیارهای پیشنهادی، مطالعات مختلفی انجام گرفت. ناطقی [۱۴] شدت بیابان‌زایی دشت سگزی را با استفاده از مدل IMDPA بررسی نمود و از کارآمدی این مدل در ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی گزارش داد. اسفندیاری [۷]، ضمن بررسی وضعیت بالفعل بیابان‌زایی در منطقهٔ آباده طشک-فارس، با استفاده از مدل IMDPA، چنین بیان می‌کند که چون بافت‌های متوسط خاک مناسب‌ترین بافت برای کاربری کشاورزی محسوب می‌شوند، بهتر است با انتقال طبقهٔ بافت‌های لومی به کلاس کم‌شدت بیابان‌زایی و طبقهٔ بافت‌های رسی و شنی (دو عامل محدودکننده) به کلاس شدید بیابان‌زایی در مدل اصلاحات لازم صورت گیرد. محقق دیگری [۲۰] شدت بیابان‌زایی دشت سیستان را با استفاده از مدل IMDPA بررسی کرد. تجزیه و تحلیل‌های انجام‌شده در منطقهٔ سیستان نشان می‌دهد که این مدل ـ به علت درنظرگرفتن شاخص‌های مناسب و به تعداد نسبتاً کافی، سادگی و مرحله‌ای‌بودن آن، روش خاص وزن‌دادن به شاخص‌ها، استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در تلفیق نقشه‌ها، استفاده از میانگین هندسی در محاسبهٔ امتیاز شاخص‌ها، و تهیهٔ نقشهٔ

1. Iranian Model of Desertification Potential Assessment

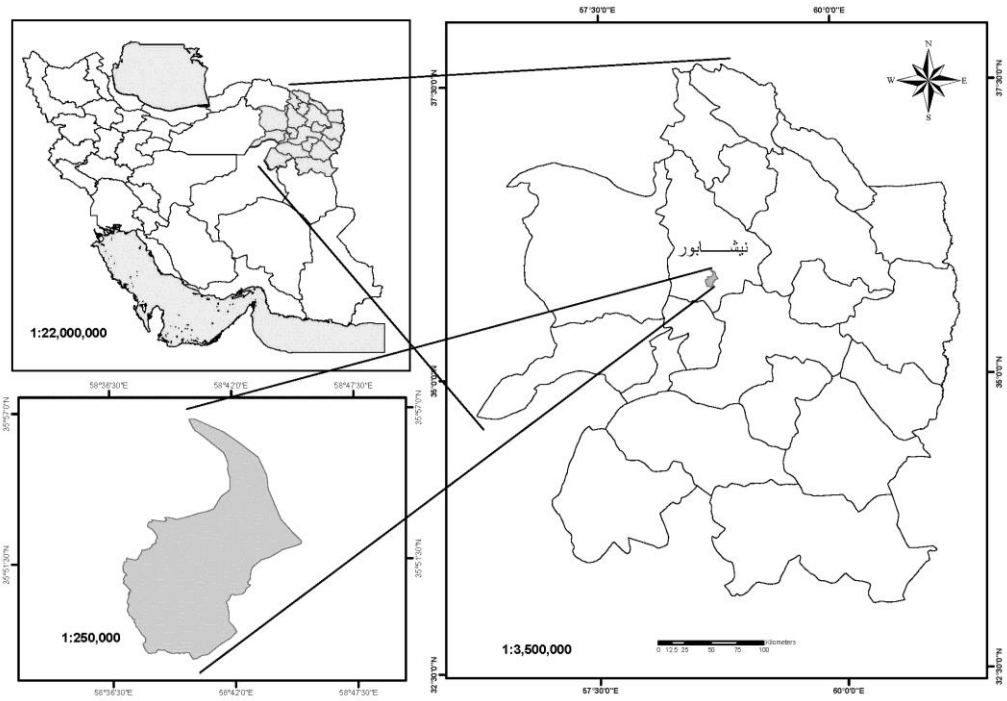
شدت بیابان‌زایی ـ روش نسبتاً دقیقی است و می‌توان از آن در مناطق مشابه استفاده کرد. اولویت‌بندی مکانی تخریب اراضی با استفاد از مدل IMDPA با تأکید بر فرسایش بادی و اقلیم در منطقهٔ بردخون بوشهر بررسی شد [۵]. مقایسهٔ نتایج حاصل از این تحقیق با شرایط منطقه نشان می‌دهد که مدل مورد نظر و شاخص‌های پیشنهادی برای بررسی وضعیت تخریب اراضی در این منطقه مناسبْ و از کارایی خوبی برخوردار است. برخلاف سایر مدل‌ها، که شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار غالب تعیین می‌شود، در این مدل، با توجه به کلیهٔ معیارها، وضعیت فعلی بیابان‌زایی ارزیابی می‌شود.

اهداف مورد نظر در این تحقیق عبارت است از: تعیین کارآمدی این مدل برای ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی در مناطق خشک و بررسی شدت بیابان‌زایی منطقهٔ درخت سنجد بر اساس معیارهای اقلیم، پوشش گیاهی، خاک، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، و تهیهٔ نقشهٔ بالفعل بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه بر اساس مدل IMDPA.

روش‌شناسی تحقیق

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

حوزهٔ آبخیز درخت سنجد در جنوب شهرستان نیشابور در محدودهٔ تقسیمات سیاسی استان خراسان رضوی و در ۳۵ کیلومتری جادهٔ نیشابور- کاشمر قرار دارد. وسعت کل منطقهٔ مورد مطالعه ۸۷۹۳٫۸ هکتار است. حوزهٔ آبخیز درخت سنجد از نظر مختصات جغرافیایی در محدودهٔ ۳۰ ۳۶° ۵۸ تا″ ۲ ۴۵ °۵۸ طول شرقی و ۵۰′۴۷ °۳۵ تا ۵۰′۵۶ °۳۵ عرض شمالی قرار گرفته است. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به‌ترتیب ۱۱۷۰ متر و ۱۶۰۰ متر و ارتفاع متوسط حوزه ۱۳۶۶٫۰۲ متر است. منطقهٔ مورد مطالعه از شمال به حسین‌آباد عودت، خیرآباد، و اکبرآباد، از جنوب به ریگی، جنداب، سلطانیه، نمه، از شرق به حسین‌آباد، درخت سنجد، و از غرب به کلاته حسن‌آباد، قاسم‌آباد، ارغشن، چشمهٔ آخور، آغل زید، چاه افسر، و ماروس محدود می‌شود. شکل ۱ موقعیت حوزهٔ آبخیز درخت سنجد را در کشور، استان خراسان رضوی، و شهرستان نیشابور نشان می‌دهد.



شکل ۱. نقشهٔ موقعیت حوزهٔ آبخیز درخت سنجد در کشور، استان خراسان رضوی، و شهرستان نیشابور

رژیم بارندگی در این منطقهٔ مدیترانه‌ای و حداکثر بارندگی‌های آن در فصل سرد سال (دی با میانگین ۲۰ میلی‌متر) و مقدار بسیار ناچیزی در فصل تابستان است. مجموع متوسط بلندمدت بارندگی سالانهٔ منطقه (۱۳۷۱-۱۳۹۰) ۱۸۷ میلی‌متر است که ۱۰۰ میلی‌متر آن در زمستان، ۳۵ میلی‌متر در بهار، ۱۰ میلی‌متر در تابستان، و ۴۲ میلی‌متر در پاییز رخ می‌دهد (ایستگاه سینوپتیک نیشابور، ۱۳۹۰). بر اساس آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتیک نیشابور، برای یک دورهٔ نسبتاً طولانی آماری، متوسط سالانهٔ دمای هوا ۱۶٫۲۴ درجهٔ سانتی‌گراد است. اقلیم منطقهٔ مورد مطالعه بر اساس روش دومارتن خشک است.

روش تحقیق

بررسی پتانسیل بیابان‌زایی منطقه با استفاده از مدل IMDPA

پس از بازدید از منطقه، گردآوری و مطالعهٔ اطلاعات پایه ـ از جمله نقشه‌های موضوعی، عکس‌های هوایی، و تصاویر ماهواره‌ای ـ محدودهٔ منطقهٔ مورد مطالعه مشخص شد. همچنین، معیارهای خاک، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، اقلیم، و پوشش گیاهی به منظور تهیهٔ نقشهٔ شدت بیابان‌زایی انتخاب گردید.

شاخص‌های بافت خاک، هدایت الکتریکی، عمق خاک، و درصد سنگ ریزهٔ عمقی برای معیار خاک بر اساس جدول ۱ ارزیابی شد و میانگین هندسی معیار خاک بر اساس رابطهٔ ۱ محاسبه شد.

(رابطهٔ ۱)

معیار خاک = $(\text{عمق خاک} \times \text{درصد سنگ‌ریزهٔ عمقی} \times \text{هدایت الکتریکی} \times \text{بافت})^{1/4}$

شاخص‌های حساسیت سنگ، فزیوگرافی (شیب)، و نوع بهره‌برداری از واحد کاری برای تعیین معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی بر اساس جدول ۲ و ۳ بررسی شد و معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه گردید.

(رابطهٔ ۲)

معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی = $(\text{حساسیت سنگ} \times \text{فزیوگرافی} \times \text{نوع بهره‌برداری از واحد کاری})^{1/3}$

شاخص‌های بهره‌برداری از پوشش، وضعیت، و تجدید حیات پوشش گیاهی برای تعیین معیار پوشش گیاهی بر اساس جدول ۴ بررسی شد. شاخص تجدید پوشش گیاهی با توجه به امکان‌پذیربودن یا نبودن اجرای عملیات اصلاحی ارزیابی شد. امتیاز این شاخص با توجه به خصوصیات پوشش گیاهی، از قبیل ترکیب گیاهی، گرایش، و وضعیت مرتع، تعیین شد، زیرا با دانستن وضعیت مرتع و گرایش آن نوع عملیات اصلاحی و لازم و ضروری‌بودن آن مشخص می‌شود. در نهایت، معیار پوشش گیاهی با استفاده از رابطهٔ ۳ محاسبه شد.

جدول ۱. شاخص‌های معیار خاک برای ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنهٔ امتیازدهی			
	۰ ـ ۱٫۵	۱٫۶ ـ ۲٫۵	۲٫۶ ـ ۳٫۵	۳٫۶ ـ ۴
هدایت الکتریکی (ds/m)	< ۵	۵ ـ ۸	۹ ـ ۱۶	>۱۶
عمق خاک (cm)	> ۸۰	۵۰ ـ ۸۰	۲۵ ـ ۵۰	<۲۰
بافت خاک	رسی و لومی رسی	لوم ریز	لوم درشت	شنی و لومی شنی
میزان سنگ‌ریزهٔ عمقی (درصد)	<۱۵	۱۵ ـ ۳۵	۳۵ ـ ۷۵	> ۷۵

جدول ۲. شاخص‌های معیار زمین‌شناسی برای ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی (شیب و نوع بهره‌برداری)

واحد کاری	شاخص شیب		شاخص نوع بهره‌برداری از واحد کاری	امتیاز
	درصد	امتیاز	ویژگی شاخص	
تودهٔ سنگی و برون‌زدگی سنگی	هر درجه از شیب	–	اغلب دارای ساختار سنگ‌شناسی متراکم و سخت. به دلیل شرایط آب و هوایی خاک تشکیل نشده یا بسیار سطحی است و هیچ گونه توان اکولوژیکی ندارد. تغییر کاربری به منظور توسعهٔ مناطق روستایی و شهری داده نشده است.	۱
اراضی شهری و روستای	۰ ـ ۸	۱	۲۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است.	
	۸ ـ ۱۲	۲	۴۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است.	۲
	۱۲ ـ ۱۸	۳	۶۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است.	۳
	>۱۸	۴	۸۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است.	۴
مرتع	۰ ـ ۱۵	۱	تعادل دام و مرتع وجود دارد و هیچ گونه آثار تخریبی در سطح مرتع وجود ندارد. تعداد دام ۲۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است و آثار به صورت رد پای دام است.	۱
	۱۵ ـ ۳۰	۲	تعداد دام ۴۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است و آثار به صورت رد پای دام دیده می‌شود.	۲
	۳۰ ـ ۴۰	۳	تعداد دام ۶۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است و آثار تخریب به صورت خطوط. همچنین، آثار فرسایشی به صورت شیار و آبراهه در پایین دامنه دیده می‌شود.	۳
	>۴۰	۴	تعداد دام ۸۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است. پوشش گیاهی به صورت لکه‌ای وجود دارد. رد پای دام فراوان، وجود فرسایش آبی.	۴
کشاورزی	۰ ـ ۵	۱	–	–
	۵ ـ ۱۵	۲	کشاورزی توان مناسب دارد، ولی منابع مانند آب و خاک عالی نیست. شیب بین ۶ تا ۱۱ درصد است و منطقه مناسب دیم‌کاری (بارش حدود ۴۰۰ میلی‌متر)	۱
	۱۵ ـ ۲۰	۳	منطقه برای کشاورزی توان کم تا متوسط دارد و عمق خاک و حاصلخیزی متوسط و شیب بین ۱۲ – ۱۷٪، مناسب برای دیم‌کاری، منتها با اعمال شرایط	۲
			توان مرتع‌داری، شیب آن بین ۱۸ – ۲۵٪، عمق خاک کم تا متوسط	۳
	>۲۰	۴	شیب بیش از ۲۵٪، عمق خاک کم، مناسب کشاورزی نیست و مرتع است.	۴
فرسایش آبی (سطحی، شیاری، آبراهه)	۰ ـ ۱۰	۱	–	–
	۱۰ ـ ۲۵	۲	سنگ‌های ناپیوسته، آبرفت، مارن، رس ۵ – ۱۲٪ آثار هرزآب و خندق (۲۰٪ سطح)	۱
			سنگ‌های ناپیوسته، مارن و رس یا شیل، آثار فرسایش به صورت شیار و آبراهه و گاهی خندق در پایین دامنه (۴۰٪ سطح رخساره را می‌پوشاند)، شیب ۱۲ـ ۲۵٪	۲
	۲۵ ـ ۴۰	۳	سنگ‌های ناپیوسته، آثار فرسایش، شیار، آبراهه و بدلند، پای پینگ (۵۰٪ سطح)	۳
	>۴۰	۴	سنگ‌های ناپیوسته، آثار فرسایش، بدلند، حرکت‌های توده‌ای، شیب بیش از ۳۵٪	۴
فرسایش بادی و انواع رخساره‌های آن (برداشت، حمل، و رسوب)	۰ ـ ۵	۱	رخساره‌های فرسایش بادی در واحدها قابل مشاهده نبوده و یا بسیار کم است.	۱
	۵ ـ ۱۰	۲	رخساره‌های فرسایش بادی در ۱۵٪ واحد کاری قابل مشاهده است.	۲
	۱۰ ـ ۱۵	۳	رخساره‌های فرسایش بادی در ۲۵٪ واحد کاری قابل مشاهده است.	۳
	۱۵ ـ ۲۰	۴	رخساره‌های فرسایش بادی در ۵۰٪ واحد کاری قابل مشاهده است.	۴
	>۲۰	۰		

جدول ۳. شاخص‌های معیار زمین‌شناسی برای ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی (حساسیت سنگ)

واحد کاری	شاخص حساسیت سنگ ویژگی شاخص- سرشت سنگ‌شناسی	امتیاز
تودهٔ سنگی و برون‌زدگی سنگی	گرانیت، ریولیت، سینیت، تراکیت، آندزیت، دیوریت، گابرو، بازالت، پیروکسنیت، پریدوتیت، توف، آگلومرا، کوارتزیت، گنیس، آمفیبولیت، مرمر دولومیتی، مرمر کربناته، مرمر کلسیتی، سرپانتینیت، ماسه‌سنگ، کنگلومرای مستحکم، آهک، چرت، ژاسپ	۱
اراضی شهری و روستایی	نهشته‌های کواترنر آبرفتی متوسط دانه (نهشته‌های پادگانه‌ای، مخروط‌افکنه‌ای)	۲
	نهشته‌های کواترنر آبرفتی ریزدانه (نهشته‌های پادگانه‌ای و مخروط‌افکنه‌ای)	
	مارن غیرتبخیری	۳
	مارن تبخیری	۴
مرتع	نهشته‌های کواترنر متوسط دانه (نهشته‌های پادگانه‌ای، مخروط‌افکنه‌ای، و واریزه‌ای)	۱
	اسیدین، اسکوری، پومیس، نهشته های کواترنر ریز و خیلی ریزدانه، شیل، رس سنگ، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، آهک، چرت، ژاسب درز و شکاف‌دار	۲
	خاکستر آتش‌فشانی، کنگلومرای نامستحکم، ماسه‌سنگ، گل‌سنگ سست، شیل خردشده، آهک نامستحکم، آهک ریفی چاکی و پودری‌شده، چاک، مارن غیرتبخیری	۳
	مارن ژیپسی، سنگ ژیپس، سنگ انیدریت، مارن نمکی، سنگ نمک	۴
کشاورزی	نهشته‌های آبرفتی متوسط دانه (ماسه) (پادگانه‌ای و مخروط‌افکنه‌ای)، لس	۱
	نهشته‌های آبرفتی درشت‌دانه (گراول) (نهشته‌های مخروط‌افکنه‌ای و واریزه‌ای)	۲
	نهشته‌های کواترنر مخروط‌افکنه‌ای و واریزه‌ای، لس	۳
	ماسه‌سنگ، شیل، آهک، مارن	۴
فرسایش آبی (سطحی، شیاری، آبراهه، ...)	نهشته‌های آبرفتی کواترنر (مخروط‌افکنه‌ای و واریزه‌ای)، لس، رس، شیل، مارن	۱
	خاکستر آتش‌فشانی، لس، چاک، مارن غیرتبخیری	۲
	لس، مارن ژیپسی	۳
	مارن نمکی	۴
فرسایش بادی و انواع رخساره‌های آن (برداشت، حمل، و رسوب)	آبرفت ریزدانه (سیلت، گل، رس)، دشت سرپوشیده، سیلت نمکی، سیلت ژیپسی	۱
	آبرفت متوسط دانه (ماسه) دشت‌سر آپانداز و مخروط‌افکنه‌ای	۲
	آبرفت درشت دانه (گراول) دشت‌سر فرسایشی و مخروط‌افکنه‌ای	۳
	نهشته‌های کواترنر متوسط دانه (ماسه)، لس، مارن	۴

جدول ۴. شاخص‌های معیار پوشش گیاهی جهت ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

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

(رابطهٔ ۳)

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

شاخص‌های میزان بارش، تداوم خشک‌سالی، شاخص خشکی (دانشگاه تهران) برای تعیین معیار اقلیم بر اساس جدول ۵ بررسی شد و، در نهایت، معیار اقلیم با استفاده از رابطهٔ ۴ محاسبه شد.

(رابطهٔ ۴)

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

جدول ۵. شاخص‌های معیار اقلیم جهت ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنهٔ امتیازدهی			
	۰ _ ۱٫۵	۱٫۶ _ ۲٫۵	۲٫۶ _ ۳٫۵	۳٫۶ _ ۴
حدود بارش سالانه (mm)	۲۸۰ <	۱۵۰ _ ۲۸۰	۷۵ _ ۱۵۰	۷۵>
شاخص خشکی UTI	۱۵۹ _ ۱۸۰	۱۲۰ _ ۱۵۰	۹۰ – ۱۲۰	۰ – ۹۰
شاخص تداوم خشک‌سالی	۳ تا ۴ سال	۵ تا ۶ سال	۶ تا ۷ سال	بیش از ۷ سال

جدول ۶. کلاس‌های وضعیت فعلی بیابان‌زایی

ردیف	دامنهٔ ارزش عددی	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی
۱	۰ _ ۱٫۵	کم و ناچیز	I
۲	۱٫۶ _ ۲٫۵	متوسط	II
۳	۲٫۶ _ ۳٫۵	شدید	III
۴	۳٫۶ _ ۴	خیلی شدید	IV

پس از تهیهٔ لایه‌های رستری شاخص‌های هر معیار، این لایه‌ها با هم تلفیق شد و لایهٔ رستری معیار مربوطه به‌دست آمد. به عبارت دیگر، در روش IMDPA ارزش هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های آن معیار، طبق رابطهٔ ۵، به‌دست می‌آید [۳].

(رابطهٔ ۵)

$$Index - X = [(Layer - 1).(Layer - 2)(Layer - n)]^{1/n}$$

که در آن:

Index-x: معیار مورد نظر

Layer: شاخص‌های هر معیار

n: تعداد شاخص‌های هر معیار

در نهایت، پس از تهیهٔ لایه‌های معیارهای مورد مطالعه، از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی چهار معیار خاک، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی، و اقلیم، بر اساس رابطهٔ ۶ در محیط GIS نقشهٔ نهایی وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه به‌دست آمد و با توجه به جدول ۶ طبقه‌بندی شد.

(رابطهٔ ۶)

$$DM = (SI \times VI \times GI \times CLI)^{1/4}$$

DM: نقشهٔ شدت بیابان‌زایی

SI: معیار خاک

GI: معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی

VI: معیار پوشش

CLI: معیار اقلیم

نتایج

نتایج حاصل از وزن‌دهی شاخص‌ها و تلفیق معیارها، با توجه به میانگین هندسی وزن‌ها، به طور جداگانه در جداول ۷ تا ۱۰ ارائه شده است. شکل‌های ۲ تا ۵ نشان‌دهندهٔ نقشه‌های معیار پوشش گیاهی، معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، معیار خاک، و نقشهٔ وضعیت بالفعل بیابان‌زایی در منطقهٔ مورد مطالعه‌اند.

جدول ۷. متوسط وزنی ارزش کمّی شاخص‌های مؤثر در معیار پوشش گیاهی

شاخص‌های معیار	امتیاز شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی
وضعیت پوشش	۲٫۶	شدید	III
بهره‌برداری از پوشش	۳٫۶۵	خیلی شدید	IV
تجدید پوشش	۳	شدید	III

جدول ۸. متوسط وزنی ارزش کمّی شاخص‌های مؤثر در معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی

شاخص‌های معیار	امتیاز شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی
حساسیت سنگ	۲٫۴	متوسط	II
فزیوگرافی (شیب)	۱٫۷۴	متوسط	II
نوع بهره‌برداری از واحد کاری	۱٫۴	کم	I

جدول ۹. متوسط وزنی ارزش کمّی شاخص‌های مؤثر در معیار خاک

شاخص‌های معیار	امتیاز شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی
بافت خاک	۲٫۶	شدید	III
هدایت الکتریکی	۱	کم	I
درصد سنگ‌ریزهٔ عمقی	۲٫۴۸	متوسط	II
عمق خاک	۳٫۷	خیلی شدید	IV

معیار پوشش گیاهی

بررسی‌های انجام‌شده روی متوسط وزنی ارزش‌های کمّی سه شاخص مورد بررسی در معیار پوشش گیاهی نشان می‌دهد که متوسط وزنی معیار پوشش گیاهی برای کل منطقه ۳٫۰۵ است و در وضعیت شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد و شاخص بهره‌برداری از پوشش گیاهی با ارزش عددی ۳٫۶۵ بیشترین نقش را در افزایش امتیاز این معیار برعهده دارد.

معیار زمین‌شناسی

ارزیابی متوسط وزنی ارزش‌های کمّی سه شاخص مورد بررسی در معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی نشان می‌دهد که در منطقهٔ مورد مطالعه متوسط وزنی معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی برای کل منطقه با ارزش عددی ۱٫۸ در وضعیت متوسط بیابان‌زایی قرار می‌گیرد. از بین شاخص‌های این معیار، شاخص حساسیت سنگ با ارزش عددی ۲٫۴ بیشترین نقش را در افزایش امتیاز این معیار دارد.

معیار خاک

مطالعات انجام‌شده روی شاخص‌های مورد بررسی در معیار خاک نشان می‌دهد که در منطقهٔ مورد مطالعه شاخص عمق خاک با ارزش عددی ۳٫۷ مؤثرترین نقش را در بیابان‌زایی و افزایش کلاس تخریب خاک دارد. همچنین، متوسط وزنی معیار خاک برای کل منطقه با ارزش ۲٫۲۱ در وضعیت متوسط بیابان‌زایی ارزیابی گردید.

جدول ۱۰. متوسط وزنی ارزش کمّی شاخص‌های مؤثر در معیار اقلیم

شاخص‌های معیار	امتیاز شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی
میزان بارش	۲٫۴۱	متوسط	II
تداوم خشک‌سالی	۱٫۷	متوسط	II
شاخص خشکی	۲٫۱	متوسط	II

معیار اقلیم

با توجه به اینکه متوسط بارندگی و درجهٔ حرارت در همهٔ بخش‌های منطقهٔ مورد مطالعه تقریباً یکسان است، ارزش معیار اقلیم برای کل منطقه و همهٔ واحدهای کاری مورد مطالعه یکسان برآورد گردید. ارزش عددی معیار اقلیم برای منطقهٔ مورد مطالعه ۲٫۰۴ به‌دست آمد که بیانگر کلاس متوسط بیابان‌زایی است، به طوری که شاخص میزان بارش با ارزش عددی ۲٫۴۱ بیشترین نقش را در افزایش امتیاز این معیار در بیابان‌زایی برعهده دارد.

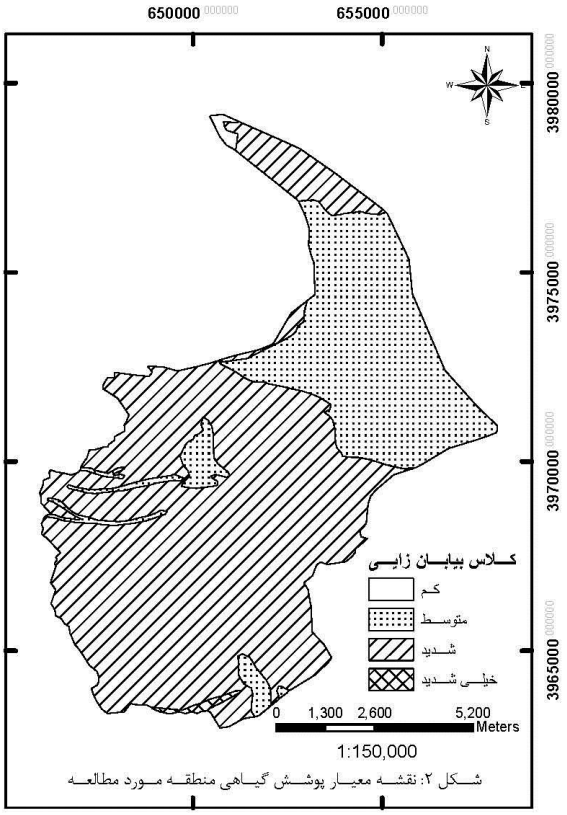
بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که منطقهٔ مورد مطالعه از نظر وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از روش IMDPA در سه کلاس کم، متوسط، و شدید قرار می‌گیرد. از کل مساحت منطقه، ۳۲٫۸ هکتار (۰٫۳۷ درصد) از لحاظ شدت بیابان‌زایی در کلاس کم، ۷۰۳۶٫۳ هکتار (۸۰ درصد) در کلاس متوسط، و ۱۷۲۴٫۷ هکتار (۱۹٫۶۳ درصد) در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد (شکل ۵).

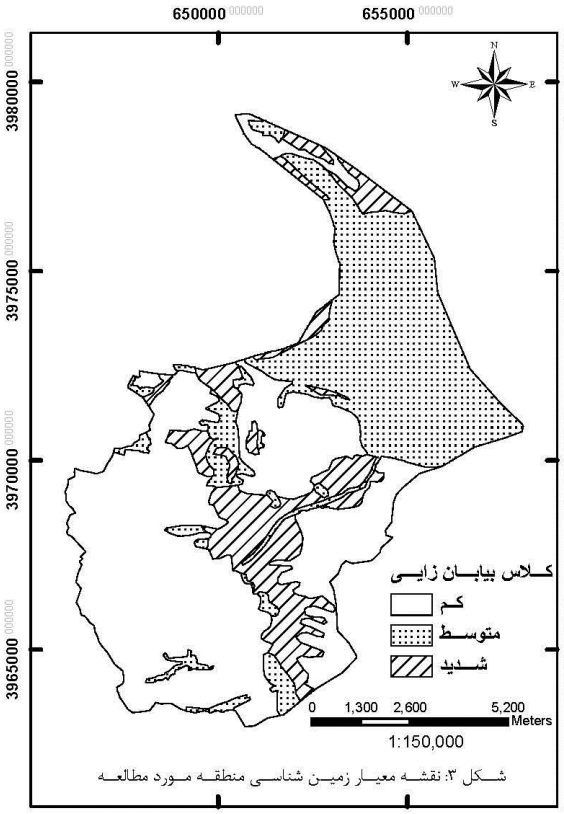
با محاسبهٔ میانگین وزنی، شدت بیابان‌زایی برای کل منطقهٔ مورد مطالعه ۲٫۲۳ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ وضعیت متوسط بیابان‌زایی در کل منطقه است. در بین معیارهای مورد بررسی، معیار پوشش گیاهی با متوسط وزنی ۳٫۰۵ و کلاس شدید بیابان‌زایی بیشترین تأثیر را داشته است و معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی با متوسط وزنی ۱٫۸ و کلاس متوسط کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشته است. با بررسی و تجزیه و تحلیل مطالعات انجام‌شده و مقایسهٔ نتایج به‌دست‌آمده با وضعیت موجود منطقه توسط بازدیدهای صحرایی، مشخص شد که روش IMDPA برای ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در منطقهٔ مورد مطالعه مناسب بوده و از کارایی خوبی برخوردار است.

ذکر این نکته لازم است که در سایر تحقیقات انجام‌گرفته در ایران از جمله «ارزیابی بیابان‌زایی دشت ورامین با تکیه بر مسائل آب و خاک» [۱۵]، «بررسی عوامل مؤثر در شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA در منطقهٔ کهیرکنرک چابهار» [۱۶]، «بررسی معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی با تکیه بر آب و خاک جهت ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی در منطقهٔ زابل» [۱۳] نتایج بسیار نزدیک و مشابهی حاصل شده است. در این روش نوع کاربری نقش قابل توجهی در ارزیابی شاخص‌های معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی دارد. از تبعات مشهود بیابان‌زایی در منطقهٔ مورد مطالعه کاهش میزان و کیفیت پوشش گیاهی و بروز رخساره‌های فرسایش بادی است.

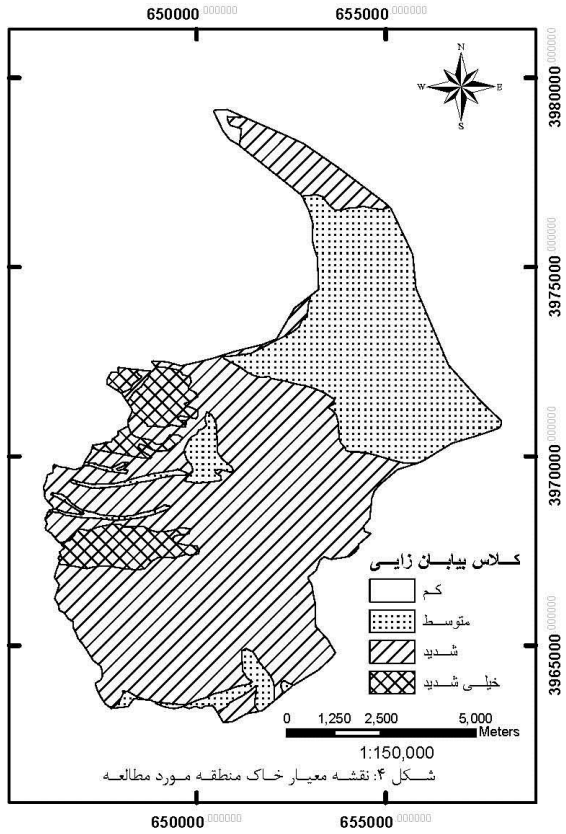
روش پیشنهادی، به دلیل انتخاب شاخص‌های مناسب با شرایط ایران برای هر معیار و به علت سادگی و مرحله به مرحله بودن آن و استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در تلفیق نقشه‌ها و استفاده از میانگین هندسی به جای میانگین حسابی در محاسبهٔ شاخص‌ها و تهیهٔ نقشهٔ شدت بیابان‌زایی، روش نسبتاً دقیقی است و می‌توان از آن در مناطق مشابه استفاده کرد.



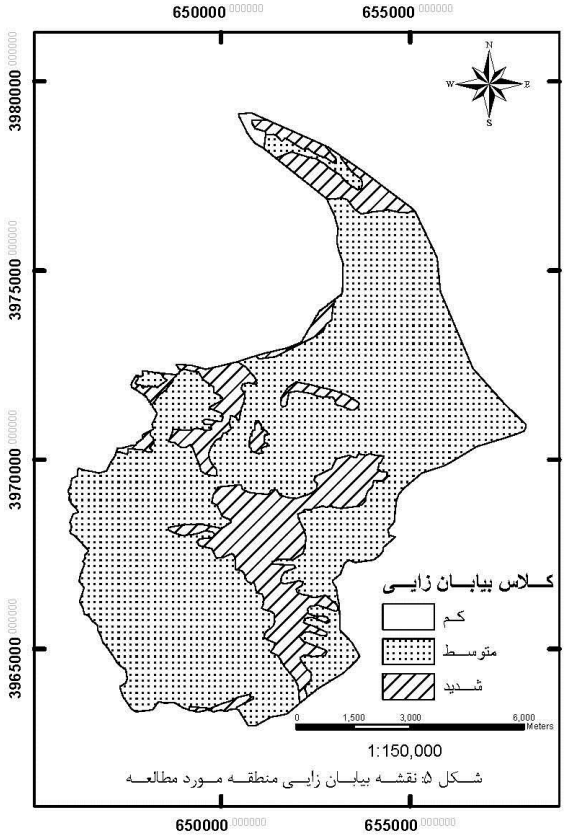
شکل ۲: نقشه معیار پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه



شکل ۳: نقشه معیار زمین شناسی منطقه مورد مطالعه



شکل ۴: نقشه معیار خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۵: نقشه بیابان زایی منطقه مورد مطالعه

با توجه به اینکه تشکیلات سنگی منطقه، که عمدتاً در ارتفاعات بخش جنوبی حوزه واقع شده‌اند، اغلب از سنگ‌های آذرین و رسوبی با سختی و مقاومت بالا در مقابل تخریب اند، جوان‌بودن نسبی این تشکیلات، مقاومت قابل توجه آن‌ها به تخریب فیزیکی، و اقلیم خشک منطقه سبب تشکیل خاک تحول‌نیافته و کم‌عمق در مناطق مذکور شده است. خاک کم‌عمق و عدم وجود درز و شکاف مناسب در سنگ‌ها به همراه خشک‌سالی‌های چند سال اخیر موجب کاهش رطوبت خاک و در نتیجه کاهش میزان پوشش گیاهی و افت تولید در مناطق مذکور شده است. از آنجایی که ارتفاعات جنوبی حوزه به صورت یک بادشکن مرتفع و سراسری عمل می‌کنند، این بخش از منطقه مکان مناسبی برای رسوب‌گذاری ذرات، به دلیل کاهش سرعت باد، بوده و این امر خود سبب کاهش پوشش گیاهی در منطقهٔ مذکور شده است. این مواردؤ به همراه مدیریت نامناسب در منطقه از طریق کشت دیم و رهاسازی اراضی در بخش عمده‌ای از سال و چرای بی‌رویه و خارج از فصل، موجب تشدید فرایند بیابان‌زایی در پهنهٔ مورد مطالعه شده است.

با توجه به این مسائل، برای بهبود وضعیت و جلوگیری از تخریب بیشتر اراضی از طریق دخالت‌های انسان در منطقهٔ مورد مطالعه، موارد ذیل پیشنهاد می‌شود:

ـ خروج دام مازاد از اراضی مرتعی بخش جنوبی و اجرای اقدامات اصلاحی مرتع؛

ـ برقراری تعادل دام با ظرفیت مرتع در بخش‌های شمالی و پرهیز جدّی از ورود دام در زمان نامناسب به اراضی حساس به تخریب؛

ـ استقرار گیاهان بوته‌ای در اراضی دشتی شمال منطقه به منظور جلوگیری از برداشت مواد ریزدانه توسط باد؛

ـ به دلیل فقر خاک و کمبود بارندگی در منطقهٔ مورد مطالعه، از اراضی دیم کشت‌شده در سال‌هایی با بارندگی متوسط فقط ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گندم برداشت می‌شود که برداشت این مقدار گندم به هیچ عنوان توجیه‌کنندهٔ تخریب ناشی از شخم زمین و برهم‌زدن خاک نیست. بهتر است این مناطق از طریق برخی اقدامات اصلاح مرتع و کشت گونه‌های مرتعی و علوفه‌ای مناسب تغییر کاربری دهند.

References

[1] Abrisham, E. (2004). *Assessment and mapping of desertification using MICD, ICD, FAO-UNEP (Case study, fakhraba, mehriz)*. MSc. Thesis, University of Tehran, 204p.

[2] Abrisham, E. (2011). *Assessment of desertification potential using IMDPA model in Derakhte Senged water shed*. PH.D. Seminar, University of Tehran, 70p.

[3] Ahmadi, H. (2006). *Iranian model of desertification potential assessment in (East of Esfahan).* Faculty of natural resources university of Tehran, 178p.

[4] Ahmadi, H. (2009). *Geomorphology*. 2ed Edition, University of Tehran press, 180p.

[5] Bahreini, F., Pahlavanravi, A., Moghaddamnia, A. and Rahi, Gh. (2012). Spatial prioritization of land degradation using IMDPA model with emphasis on wind erosion and climate (Case study: Bordekhun Region of Boushehr). *Journal of Water and Soil*, 26, 897-907.

[6] Danfeng, S. (2006). Agricultural causes of desertification risk in Minqin,China. *Journal of Environmental Management*, 79, 348-356.

[7] Esfandiari, M. and Hakimzadeh Ardakani, M.A. (2011). Evaluation of active desertification with emphasis on the soil degradation by IMDPA model (case study: Abadeh-Tashk, Fars). *Journal of Range and Desert Reseac*, 17, 624-631.

[8] Khosravi, H. (2004). *Assessment of desertification using MEDALUS* (Case study: Kashan). MSc. thesis, Tehran University, 140 p.

[9] Kharin, N. (1985). A methodological principles of desertification processes assessment and mapping, arid lands of Turkmenistan taken as example, Ashkhabad. *Australian journal of basic and applied sciences*, 2, 157-164.

[10] Ladisa, G., Todorovic, M. and Trisorio_liuzzi, G. (2002). Characterization of area sensitive to desertification in southern Italy. *Eco-compatible solutions for Aquatic Environmental*, 87-99.

[11] Lavado Conntador, J.F. and Schnabel, S. (2008). Mapping sensitivity to land degradation Extremadura.
SW Spain, 1, 25-41.

[12] Mesbah zade, T. (2007). A*ssessment and mapping of desertification using IMDPA, base on geology criteria (case study, Aboozobeid abad)*. MSc. Thesis, Tehran University, 154p.

[13] Mohamad Ghasemi, S. (2007). *Investigation of criteria and indicators of desertification, based on soil and water to assess and mapping desertification (Case study, Zabol)*. MSc. Thesis, Tehran University, 163 p.

[14] Nateghi, S., Zehtabian, G. H. and Ahmadi, H. (2009). Evaluation of desertification intensity in Sagzi plain using IMDPA model. *Journal of Range and Watershed Management*, 62, 419-430.

[15] Rafii Emam, A. (2003). *Evaluation of desertification intensity in Varamin plain, base on Soil and water criteria*. MSc. Thesis, Tehran University, 152 p.

[16] Raisi, A. (2008). *Evaluation of effective factors on desertification, using IMDPA model in Kahir Konarak area*. MSc. Thesis, Tehran University, 180 p.

[17] Reynolds J. F. (2009). Cutting through the confusion Desertification an old problem viewed through the lens of a new framework, the dry lands development paradigm. *Dry lands, Deserts & Desertification*, 45, 65-78.

[18] TabaTabaii zade, M. (2010). *Compare of desertification potential using IMDPA and MICD, base on wind erosion criteria (case study: Fakhrabad plain)*. MSc. Thesis, Tehran University, 160 p.

[19] Zehtabian, Gh., Khosravi, H. and Ghodsi, M. (2007). Evaluation of desertification intensity in Kashan area, using IMDPA model. *Desert journal*, 54, 67-78.

[20] Zolfaghari, F., Shahriari, A., Fakhireh, A., Rashki, R. and Noori, S. (2011). Assessment of desertification potential using IMDPA model in Sistan plain. *Watershed Management Research, Pajouhesh and Sazandegi*, 91, 97-107.