

## امکان سنجی پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی با استفاده از روش ESAs در منطقه نیاتک سیستان

سیدهدایت پروری اصل<sup>۱</sup>، احمد پهلوانروی\*<sup>۲</sup> و علیرضا مقدم‌نیا<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۹، تاریخ تصویب: ۸۹/۶/۲۹)

### چکیده

بیابان‌زایی نتیجه فرایندهایی است که دو عامل تغییرات اقلیمی و رفتار زیست محیطی انسان جزء مهم‌ترین آنها می‌باشند. بخش گسترده‌ای از کشور ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک فرا گرفته. منطقه سیستان به‌عنوان نمونه‌ای بارز از این مناطق بیابانی کشور بشمار می‌آید. فرسایش بادی از مهمترین عوامل تخریب و هدر رفت خاک در این منطقه بشمار می‌آید. برای برآورد شدت بیابان‌زایی روش‌های زیادی ارائه شده از این میان روش ESAs از جدیدترین آن می‌باشد. روش ESAs در سال ۱۹۹۹ توسط کمیسیون اروپا ارائه شده و در بیشتر کشورها بکار برده شده است. روش ESAs به دلیل روش ویژه وزن دادن به لایه‌ها، کاربرد سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در تلفیق لایه‌ها و بکار گرفتن میانگین هندسی بجای میانگین حسابی در مشخص و تهیه نقشه بیابان‌زایی مزایای بیشتری نسبت به روش‌های همانند دارد. از این روش برای مشخص نمودن شدت بیابان‌زایی منطقه مورد بررسی استفاده شد. برای اینکار در آغاز عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی با توجه به شرایط منطقه شناسایی شده و با استفاده از جداول مربوطه مورد ارزیابی قرار گرفتند، با توجه به بررسی‌های به‌عمل آمده از منطقه مشخص شده که معیارهای پوشش گیاهی، خاک، اقلیم و مدیریت کاربری اراضی از جمله عوامل اصلی موثر بر فرایند بیابان‌زایی می‌باشند. نتایج بدست آمده از این روش نشان‌دهنده این واقعیت می‌باشد که کل منطقه مورد بررسی در کلاس بحرانی قرار دارد، (۶۸٪ از منطقه در زیر کلاس بحرانی شدید C3، کمتر از ۱٪ از منطقه در کلاس بحرانی میانگین C2 و ۳۱٪ از منطقه در زیر کلاس بحرانی کم C1 قرار دارد).

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، روش ESAs، منطقه سیستان

## مقدمه

در این تحقیق روش ESAs<sup>۲</sup> و کارایی آن مورد ارزیابی واقع شده است. همان‌طور که مشخص است تاکنون روش‌های زیادی برای برآورد و تهیه نقشه بیابان‌زایی به انجام رسیده است. در این تحقیق سعی بر این بوده که روش نام برده را مورد ارزیابی قرار داده و نتایج بدست آمده را با شرایط طبیعی منطقه مقایسه نمود تا قابلیت روش برای تهیه نقشه بیابان‌زایی برای منطقه مورد بررسی مشخص شود. تاکنون موارد زیادی از روش‌های برآورد میزان شدت بیابان‌زایی در نقاط مختلف جهان مورد ارزیابی قرار گرفتند که می‌توان از این میان به موارد زیر اشاره نمود:

کمیسیون اروپا اقدام به تحقیقی جامع در زمینه روشی نمود که در پروژه‌ای با عنوان MEDALUS<sup>۳</sup> معرفی و در نهایت در سال ۱۹۹۹ به نام روش ESAs، برای تهیه نقشه بیابان‌زایی، ارائه شد (Kosmas et al., 1999). بررسی حساسیت اراضی به تخریب با استفاده از روش ESAs در جنوب غرب اسپانیا به انجام رسید، محققان در این تحقیق به این نتیجه رسیدند که نقشه بیابان‌زایی تهیه شده در این تحقیق نسبت به دیگر روش‌ها بهتر و با شرایط طبیعی سازگارتر می‌باشد (Lavado et al., 2007). محققان با بررسی وضعیت کنونی و گرایش فرایند بیابان‌زایی در منطقه غرب آسیا به این نتیجه رسیدند سیاست نادرست مدیریت منابع از جمله چرای شدید و بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع آب و اراضی و جنگل تراشی از جمله عوامل اصلی تخریب در منابع و گسترش فرایند بیابان‌زایی شناخته شدند (Asma et al., 2002). در بررسی اثرگذاری‌های تغییرات کاربری اراضی و پوشش سطح روی تخریب منابع در حوضه‌های آبخیز دریاچه کینگ‌های در چین به این نتیجه رسیدند که حوضه نام برده به شدت آسیب‌پذیر و حساس به تغییرات اقلیم و مداخله‌های انسانی بوده و با بررسی دوره زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۴ مشخص شد که روند تخریب اراضی رو به افزایش می‌باشد و عوامل اصلی موثر بر فرایند بیابان‌زایی در نتیجه فعالیت‌های انسانی از جمله

بر پایه نظریه گلنتس واژه بیابان‌زایی در حدود یکصد تعریف دارد (Glantz, 1977). نقطه مشترک در همه این تعریف‌ها تخریب شدید محیط زیست بر اثر بیابان‌زایی است. برخی از این تعریف‌ها عبارت‌اند از: تخریب اکوسامانه (Reining, 1978)، تخریب گونه‌های گیاهی (Le Hare, 1975)، کاهش تولید اکوسامانه (Hare, 1977) و کاهش تولید بیولوژیک (Kovda, 1980). هر کدام از تعریف‌ها نشان دهنده تغییر اکوسامانه از وضعیت مطلوب به وضعیت نا مطلوب و کاهش تولید بیولوژیکی می‌باشد. در کنفرانس محیط زیست و گسترش سازمان ملل متحد در ریودوژانیرو در سال ۱۹۹۲ مفهوم بیابان‌زایی<sup>۱</sup> به صورت زیر مطرح شد:

بیابان‌زایی عبارت است از: تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب در اثر فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی، است. هم‌اکنون بیابان‌زایی به عنوان یک معضل جدی دامنگیر بسیاری از کشورهای جهان می‌باشد. توجه به مقوله بیابان‌زدایی برای کشوری همچون ایران که حدود ۸۰ میلیون هکتار آن را مناطق خشک، نیمه خشک فرا گرفته، ضرورتی انکارناپذیر است. با توجه به اینکه ۱۲ میلیون هکتار از این سطح را ماسه‌های روان اشغال کرده است که ۶ میلیون هکتار آن را تپه‌های ماسه‌ای فعال تشکیل می‌دهند (Refahi, 2006).

در ایجاد فرسایش بادی و تخریب بدست آمده از آن عوامل چندی چون شدت و مدت وزش باد، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، پستی و بلندی منطقه، وضعیت پوشش گیاهی و غیره دخالت دارند که کلیه آنها در ارتباط با هم بوده و به اتفاق منجر به افزایش یا کاهش شدت فرسایش بادی در یک منطقه می‌شود. با توجه به شرایط موجود، منطقه مورد بررسی با دارا بودن شرایط بالا به‌عنوان کانون بحرانی در منطقه سیستان بشمار می‌آید، لذا با شناسایی عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی منطقه سعی شده تا با توجه به شرایط موجود روش مناسبی برای برآورد میزان شدت بیابان‌زایی منطقه مورد بررسی ارائه شود، برای اینکار

۲-Environment Sensitive Area.

۳- Mediterranean and land use sensitive.

۱- Desertification.

2003). محققان با بررسی دو روش فائو-یونپ و اختصاصی-مهاجری در پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی در منطقه مه‌ولایت (تربت حیدریه) به این نتیجه رسیدند که تفاوت معنی داری میان نتایج بدست آمده از دو روش وجود ندارد و در هر دو روش مورد مشخص بیشترین درصد از منطقه در پایه میانگین قرار دارد (Falah mehne, 2004).

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی در شرق شهرستان زابل قرار دارد. فاصله آن تا شهر زابل ۱۳ کیلومتر بوده، این عرصه با گستره ۴۸۲۰ هکتار و ارتفاع میانگین ۴۷۰ متر از سطح دریاهای آزاد در موقعیت جغرافیایی  $33^{\circ}36'01''$  تا  $31^{\circ}07'23''$  طول شرقی و  $5^{\circ}59'30''$  تا  $23^{\circ}07'31''$  عرض شمالی در دشت سیستان و در زون ۴۱ نقشه زمین-شناسی قرار دارد. شرایط اقلیمی منطقه با توجه به آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرستان زابل این چنین می‌باشد: میانگین دمای سالانه،  $21/82$  درجه، میانگین بارندگی سالانه،  $62/84$  میلیمتر و میانگین تبخیر سالانه،  $4475$  میلیمتر. بر پایه روش آمبرژه اقلیم منطقه مورد بررسی سرد خشک است ( $Q=3/69$ ).

روش ESAs از جدیدترین روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی می‌باشد. این روش در کشورهای اروپایی و بعضی کشورهای خاورمیانه انجام شده و نتایج مثبت ارائه داده است. برای پهنه بندی خطر بیابان‌زایی در منطقه در آغاز به کمک بررسی‌های پایه اعم از تیپ‌های گیاهی، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی از منطقه، کلیه چشم اندازهای طبیعی از دیدگاه پوشش گیاهی و محیط‌های اصلی بیابانی جداسازی و علامت گذاری می‌شوند. برای این کار در آغاز مرز منطقه را روی عکس‌های هوایی انداخته و با استفاده از پردازش چشمی عکس‌های هوایی با استفاده از استریوسکوپ، رخساره‌های ژئومرفولوژی منطقه جداسازی و نقشه واحدهای کاری طراحی می‌شود (شرایط مورد ارزیابی اعم از پوشش گیاهی، خاک، مدیریت و غیره در برخی از واحدهای کاری همانند به هم بوده همین امر باعث شده که برخی از

افزایش جمعیت، چرای بیش از حد مجاز دام‌ها و سیاست نادرست بکار برده در بهره‌برداری از منابع است (Li et al., 2008 & Braimoh & Vlek., 2009). محققان با استفاده از داده‌های ۳ ساله برداشت میدانی برای بررسی سرعت آستانه فرسایش بادی به‌عنوان یک عامل کلیدی فرسایش خاک با در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی در آرژانتین به این نتیجه رسیدند که بیشترین سرعت آستانه فرسایش بادی مصادف با بیشترین رطوبت هوا و کمترین میزان سرعت آستانه فرسایش مصادف با کمترین میزان رطوبت هوا بوده (Laura & Danel, 2009). محققان با استفاده از سامانه GIS و شبکه فازی توانستند نقشه فرسایش خاک را با مقیاس  $1:250000$  برای منطقه‌ای از چین طراحی کنند. در این تحقیق منطقه در ۶ کلاس طبقه‌بندی شده شامل کلاس‌های غیر حساس تا به‌شدت بحرانی بود (Zhu et al., 2009). محققان با بررسی فرسایش خاک در اوگاندا با استفاده از روش WEPP با تأکید بر فرسایش آبی به این نتیجه رسیدند که ویژگی‌های خاک متأثر از پستی و بلندی منطقه بوده این ویژگی تأثیر مهمی بر روی فرایند فرسایش خاک دارد. همچنین نشان داده شده که بخش محدب شیب حساس‌ترین بخش دامنه به فرسایش می‌باشد (Ruecker et al., 2008). مشخص شوری‌زایی و ارتباط آن با فرایند بیابان‌زایی در هند توسط Singh به انجام رسیده در این تحقیق نشان داده شده که مشکل شوری‌زایی در  $6/73$  میلیون هکتار گسترش دارد و همچنین نشان داده که ۳۰ تا ۸۴ درصد آب‌های زیرزمینی شمال غرب هند شور و مناسب آبیاری اراضی زراعی نیست (Singh, 2009). کمیسیون اروپا به دنبال یک برنامه بین‌المللی برای تحقیق پیرامون بیابان‌زایی، تخریب اراضی و تخریب منابع آب بود و محققان به این نتیجه رسیدند که برای تلفیق نهایی نقشه‌ها از میانگین هندسی مشخصه‌ها استفاده شود نتیجه بهتری خواهد داد (Kosmas, 1999). کارشناسان با بررسی و تهیه نقشه بیابان‌زایی در منطقه ورامین به این نتیجه رسیدند که این مشخص ضمن کارایی روش پیشنهادی عامل اصلی بیابان‌زایی در منطقه مدیریت کاربری اراضی بدست آمده است (Zehtabayan & Rafiee Emam, )

می‌تواند با استفاده از ویژگی‌های خاک مانند: بافت خاک، نفوذپذیری، درصد سنگریزه، مواد مادری تشکیل دهنده خاک، عمق و شیب خاک مشخص شود. هر یک از موارد یاد شده با استفاده از جدول (۲) مشخص شده و با توجه به رابطه (۱)، امتیاز شاخص خاک اندازه‌گیری می‌شود، و با استفاده از جدول (۱) کیفیت خاک تعیین می‌شود. در نهایت لایه رستری کیفیت خاک بدست آمد.

### - شاخص کیفیت خاک

<sup>۱۶</sup>(نفوذپذیری × شیب × عمق × پوشش سنگریزه × مواد مادری × بافت) = SQI

### اقلیم

اقلیم حاکم بر منطقه مورد بررسی شرایط را برای پیش برد فرایند بیابان‌زایی فراهم کرده است. وجود بادهای شدید موسوم به بادهای یکصدویست روزه سیستان با سرعت حدود ۱۲۰ کیلومتر در ساعت که گاهی بر پایه آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زابل به ۱۴۰ کیلومتر در ساعت می‌رسد، باعث بروز نابسامانی‌هایی اعم از حرکت ماسه‌ها، بیرون انداختن ریشه گیاهان، وجود طوفان‌های گرد و خاک و غیره می‌شود. این شرایط باعث بحرانی شدن منطقه مورد بررسی از جنبه فرایند بیابان‌زایی شده است. برای بدست آوردن شاخص کیفیت اقلیم (CQI)<sup>۳</sup> از میانگین بارندگی و دمای سالانه منطقه مورد بررسی استفاده شد. برای این کار در آغاز بر پایه میانگین بارندگی و دمای ماهانه منطقه، شاخص خشکی BGI<sup>۴</sup> با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شده و سپس این شاخص به‌همراه عامل بارندگی برای بدست آوردن لایه رستری کیفیت اقلیم برابر رابطه (۳) بکار برده می‌شود. عوامل نام برده شده بر پایه جدول (۳) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در نهایت با استفاده از جدول (۱) کیفیت اقلیم تعیین می‌شود و در ادامه لایه رستری کیفیت اقلیم بدست آمد.

واحدهای کاری با هم ادغام شوند. بنابراین واحد کاری اراضی بستر رودخانه و حریم رودخانه باهم ادغام شده و با عنوان بستر رودخانه مشخص شده همچنین اراضی نبکای دشت رسی- تپه‌های ماسه‌ای، اراضی مالچ پاشی شده و بارخان باهم ادغام شده و با عنوان تپه‌های ماسه‌ای مشخص شده). در این روش با توجه به بازدیدهای به‌عمل آمده از منطقه، داده‌های مربوط به زیر معیارهای عامل اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و مدیریت کاربری اراضی که نقش عمده‌ای در تخریب اراضی منطقه دارد، بر پایه جدول مربوطه مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت با میانگین‌گیری هندسی این شاخص‌ها به کمک سامانه GIS شاخص حساسیت ESAS<sup>۱</sup> تعیین شد. هر یک از شاخص‌های کیفی بالا (شاخص کیفیت اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و مدیریت کاربری اراضی) با توجه به اثری که در بیابان‌زایی منطقه دارند امتیاز می‌گیرند به‌طوری که دامنه امتیاز آنها بین ۱ (بهترین حالت) و ۲ (بدترین حالت) می‌باشد. بر اساس این روش و بر پایه جداول مربوطه، هر یک از مشخصه‌های بالا با استفاده از نقشه‌ها و گزارش‌های موجود، بررسی‌های صحرایی، آمار هواشناسی ایستگاه زابل و تصویر ماهواره LANDSAT سنجنده TM، سال ۲۰۰۳ امتیازدهی شد و در نهایت با میانگین‌گیری هندسی امتیازهای کسب شده از هر یک مشخصه‌های یاد شده، شاخص‌های بیابان‌زایی آنها را محاسبه نموده و سپس بر پایه جداول مشخص وضعیت بیابان‌زایی کلاس‌های بیابان-زایی مشخص شد. سپس نقشه شاخص‌ها و در نهایت نقشه بیابان‌زایی از میانگین هندسی شاخص‌های محاسبه شده (شاخص کیفیت خاک، پوشش گیاهی، اقلیم و مدیریت کاربری اراضی) بدست آمد.

### خاک

شاخص کیفیت خاک (SQI)<sup>۲</sup>، برای تهیه نقشه بیابان‌زایی بر پایه دو مشخصه مقاومت خاک به فرسایش و نفوذپذیری خاک، تعیین می‌شود. این شاخص کیفیت

۳-Climate Quality Index.

۴-Bagnold-Gosen Index.

۱- Environmental Sensitive Area Index.

۲-Soil Quality Index.

**شاخص خشکی** -  $k$  - درصدی از ماه‌های سال که در آنها میزان بارندگی

میانگین ماهانه، کمتر از دو برابر میانگین ماهانه می‌باشد.

$$BGI = \sum_{i=1}^n (2t_i - p_i)k$$

$P_i$  - میانگین بارندگی ماه  $i$  بر حسب میلی‌متر؛

$t_i$  - میانگین دمای ماه  $i$  بر حسب درجه سلسیوس؛

**شاخص کیفیت آب و هوا** -

$CQI = (\text{شاخص خشکی منطقه} \times \text{میانگین بارندگی سالانه})^{1/2}$

جدول ۱- شاخص‌های کیفیت مورد بررسی شده

شاخص	بالقوه	شکننده	بحرانی
SQI	$< 1/13$	$1/13 - 1/45$	$> 1/46$
VQI	$1/15 <$	$1/15 - 1/81$	$1/81 >$
CQI	$1/4 >$	$1.4 - 1.7$	$1/7 <$
MQI	$< 1.25$	$1.25 - 1.5$	$1.5 <$

جدول ۲- زیر معیارهای مربوط به خاک بر پایه روش مورد استفاده

عامل	زیر معیار	شرح	امتیاز
خاک	بافت خاک	L, SCL, SL, LS, CL	۱
		SC, SiL, SiCL	۱/۲
		Si, C, SiC	۱/۶
		S	۲
	زهکشی	نفوذپذیری خوب	۱
		تا حدودی نفوذپذیری	۱/۲
		نفوذپذیری کم	۲
	شیب: %	$< 6$	۱
		$6 - 18$	۱/۲
		$18 - 35$	۱/۵
		$> 35$	۲
	مواد مادری	شیل، شیست، بازیک، اولترابازیک و کنگلومرا	۱
سنگ آهک، گرانیت، ریولیت و ماسه سنگ		۱/۷	
مارن و پیروکلاستیک		۲	
عمق خاک (cm)	عمیق ( $> 75$ )	۱	
	میانگین ( $30 - 75$ )	۱/۲	
	کم عمق ( $15 - 30$ )	۱/۶	
	خیلی کم عمق ( $< 15$ )	۲	
سنگریزه سطحی: %	$< 60$	۱	
	$20 - 60$	۱/۳	
	$> 20$	۲	

جدول ۳- زیر معیارهای مربوط به اقلیم بر پایه روش مورد استفاده

عامل	زیر معیار	شرح	امتیاز
اقلیم	شاخص BGI	<۵۰	۱
		۷۵-۵۰	۱/۱
		۱۰۰-۷۵	۱/۲
		۱۲۵-۱۰۰	۱/۴
		۱۵۰-۱۲۵	۱/۸
		>۱۵۰	۲
	بارندگی	>۶۵۰	۱
	۶۵۰-۲۵۰	۱/۵	
	<۲۵۰	۲	

و تغییر نیافتن پوشش گیاهی یا به عبارتی دیگر تغییر ناچیز با توجه به گونه‌های گیاهی غالب منطقه مورد بررسی‌ها که اغلب از گیاهان بوته‌ای و درختچه‌ای مقاوم به خشکی می‌باشند، در این بخش از بررسی‌ها از تصویر ماهواره ۲۰۰۳ استفاده شد. در کل علت تغییر نیافتن زیاد یا به عبارت دیگر تغییرات جزئی در این دوره می‌باشد) این شاخص با اعمال رابطه (۴) بر روی تصویر ماهواره‌ای میزان درصد پوشش گیاهی منطقه را محاسبه می‌کند. سپس با توجه به جدول (۲) مشخصه بالا وزن‌دهی شده و دیگر مشخصه‌ها برابر مراحل پیشین از تصویر ماهواره‌ای به صورت سابقه رستری استخراج شده و در ادامه بر پایه شاخص کیفیت پوشش گیاهی بدست آمده و با استفاده از جدول (۱) کیفیت پوشش گیاهی کلاس‌بندی شده و در نهایت لایه رستری کیفیت پوشش گیاهی طراحی می‌شود. برای تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه، نمونه برداری از پوشش گیاهی به روش پلات اندازی صورت گرفت. برای نقاطی که پلات انداخته شده عدد شاخص محاسبه شده از روی سابقه رستری، استخراج می‌شود. با محاسبه رابطه رگرسیونی بین اعداد بدست آمده از درصد پوشش گیاهی نقاط پلات انداخته شده و اعداد شاخص NDVI میزان همبستگی دو مجموعه داده (R) محاسبه می‌شود. در صورت رد یا قبول شدن این میزان با توجه به سطح اطمینان (۰.۸۰) در نظر گرفته شده در این تحقیق به کار ادامه داده شد. این سطح بر پایه نتایج بدست آمده از دیگر تحقیقات به انجام رسیده

### پوشش گیاهی

پوشش گیاهی به‌عنوان یک مانع بر مسیر باد عمل کرده و مانع از فرسایش سطح خاک می‌شود. به علت اثرات عوامل مخرب روی پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی، تنوع گونه‌ای در منطقه چندان مشهود نمی‌باشد. آثار و شواهد موجود در منطقه بیانگر این واقعیت است که در گذشته نه چندان دور پوشش گیاهی منطقه غنی و از تنوع گونه‌ای بالایی برخوردار بوده به طوری که آثار و شواهد باقی‌مانده از جنگل‌های گز (*Tamarix stricta*) و نی‌زارهای انبوه و چمن‌زارهای فصلی (*Aeluropus littorallis*) دیده می‌شود. این واقعیت نشانگر آن است که در گذشته اوج رویش جامعه گیاهی (کلیماکس) منطقه مورد بررسی را گونه‌های یاد شده تشکیل داده که بر اثر مدیریت نادرست از بین رفتند. برای بدست آوردن شاخص کیفیت پوشش گیاهی (VQI<sup>۱</sup>) از میانگین هندسی امتیاز مشخصه‌های مربوط به پوشش گیاهی مانند: درصد پوشش گیاهی، خطر آتش‌سوزی و توانایی رشد دوباره گیاه، حفاظت در برابر فرسایش خاک و مقاومت گیاه به خشکی با استفاده از جدول (۴) مشخص می‌شوند. برای بدست آوردن عامل درصد پوشش گیاهی از شاخص NDVI استخراج شده از تصاویر ماهواره LANDSAT سنجنده TM، سال ۲۰۰۳ استفاده شد (به‌علت شرایط اقلیمی ثابت در سال‌های اخیر

۱- Vegetation quality index.

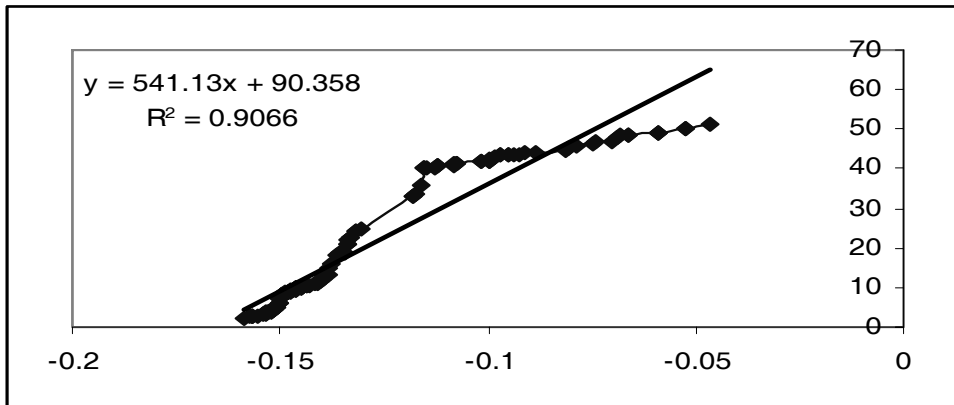
**شاخص NDVI -**

$$NDVI = \frac{(band4 - band3)}{(band4 + band3)}$$

در نظر گرفته شده بود. با توجه به میزان R بدست آمده (شکل-۱) نتایج قابل قبول بوده و در ادامه با توجه به رابطه بدست آمده عدد شاخص را برای میزان درصد‌های پوشش گیاهی مشخصی بدست آورده و بر پایه آن سابقه رستری شاخص NDVI را کلاس‌بندی کرده، بدست آمده این مراحل نقشه درصد پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی می‌باشد.

**شاخص گیاهی -**

$$VQI = (\text{مقاومت به خشکی} \times \text{پوشش} \times \text{خطر آتش سوزی})^{1/4}$$



شکل ۱- رابطه محاسبه شده بین دو مجموعه داده پوشش گیاهی و شاخص NDVI

جدول ۴- مشخص زیر معیارهای مربوط به پوشش گیاهی بر پایه روش مورد استفاده

عامل	زیر معیار	شرح	امتیاز	
پوشش گیاهی	خطر آتش سوزی	جنگل‌های همیشه سبز مخلوط با درختچه‌های همیشه سبز	۱	
		جنگل‌های کاج همراه با علف‌های دائمی، درختچه‌های همیشه سبز و گیاهان زراعی دائمی	۱/۳	
		جنگل‌های خزان کننده	۱/۶	
		گیاهان زراعی خزان کننده	۱/۸	
		گیاهان زراعی یکساله و دائمی	۲	
	حفاظت خاک	جنگل‌های کاج	۱	
		بوته‌زار و درختچه‌زار همیشه سبز	۱/۳	
		کشاورزی با گیاهان یکساله(علفی)، بوته‌ها و درختان برگ ریز	۱/۶	
		زمین‌های بایر، گیاهان زراعی دائمی و یکساله	۲	
	مقاومت به خشکی	جنگل‌ها و درختچه‌های همیشه سبز	۱	
		درختن کاج و درختان خزان کننده	۱/۲	
		درختان کشاورزی دائمی	۱/۴	
		علفزارهای دائمی	۱/۷	
		گیاهان زراعی یکساله و گیاهان علفی یکساله	۲	
	درصد پوشش		۴۰ <	۱
			۱۰-۴۰	۱/۸
		۱۰ >	۲	

## مدیریت کاربری اراضی

این مشخصه در واقع، تأثیر فعالیت‌های انسانی را بر فرایند بیابان‌زایی مورد بررسی قرار می‌دهد. شاخص کیفیت مدیریت اراضی (MQI<sup>1</sup>) بر پایه دو مشخصه نوع کاربری اراضی و عملیات مدیریتی در منطقه انجام می‌گیرد. اراضی بر پایه چگونگی استفاده از آنها تقسیم‌بندی شده است. برای این کار عمل طبقه‌بندی نظارت شده، با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat سنجنده TM، سال ۲۰۰۳ انجام گرفت (با دقت (m) ۳۰×۳۰، اندازه پیکسل‌های تصویر ماهواره‌ای) (Hosayni, 2009). پس از مشخص نمودن کاربری اراضی، مشخصه‌های نام برده شده در هر یک از کاربری‌ها با استفاده از جدول (۵) امتیازدهی شده و از رویهم‌گذاری لایه‌های رستری محاسبه شده بر پایه رابطه (۶) لایه رستری کیفیت کاربری اراضی بدست می‌آید و با مقایسه ارزش لایه بدست آمده با جدول (۵) کیفیت مدیریت کاربری اراضی محاسبه می‌شود.

## - شاخص کیفیت کاربری اراضی

$$MQI = (\text{عملیات مدیریتی} \times \text{نوع کاربری اراضی})^{1/2}$$

جدول ۵- زیر معیارهای مربوط به مدیریت کاربری اراضی بر پایه روش مورد استفاده

عامل	زیر معیار	شرح	امتیاز
مدیریت کاربری	نوع کاربری	زمین‌های کشاورزی	۱
		زمین‌های مرتعی متراکم	۱/۳
		زمین‌های مرتعی کم تراکم	۱/۶
	عملیات مدیریتی	زمین‌های بایر	۲
		بیش از ۷۵٪	۱
		بین ۲۵٪ تا ۷۵٪	۱/۵
		کمتر از ۲۵٪	۲

## شاخص ESAI

بعد از مشخص نمودن عامل‌های موثر در تخریب اراضی، مرحله جمع‌بندی کیفیت‌های فیزیکی (خاک، پوشش گیاهی، آب و هوا و کیفیت مدیریت کاربری اراضی) می‌باشد و بنا به رابطه (۷) با فرمت رستری محاسبه و در نهایت نقشه شاخص حساسیت منطقه (نقشه بیابان‌زایی) بر پایه جدول (۶) کلاس‌بندی شده و در شکل (۳) نمایش داده شده است.

## - شاخص حساسیت به بیابان‌زایی

$$ESAI = (SQI \times CQI \times VQI \times MQI)^{1/4}$$

جدول ۶- دامنه شاخص ESAI

دامنه شاخص	زیر کلاس	کلاس
< ۱/۱۷	N.A	غیر حساس
۱/۱۷ - ۱/۲۲	P	بلقوه
۱/۲۳ - ۱/۲۶	F1	شکننده
	F2	
	F3	
۱/۳۸ - ۱/۴۱	C1	بحرانی
	C2	
	C3	

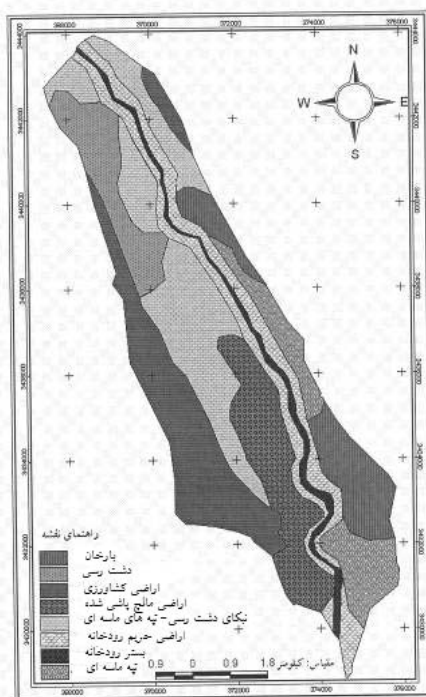
## نتایج

با توجه بررسی‌های میدانی نقشه کاربری اراضی طراحی شده که شامل هشت رخساره اعم از تپه‌های بارخانی، دشت رسی، اراضی کشاورزی، تپه‌های مالچ پاشی شده، نبکای دشت رسی و تپه‌های ماسه‌ای، بستر رودخانه نیاتک، تپه‌های ماسه‌ای درخت کاری شده و اراضی حریم رودخانه نیاتک که در شکل (۲) نمایش داده شده.



جدول ۷- نتایج بدست آمده از مشخص عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی برابر روش مورداستفاده

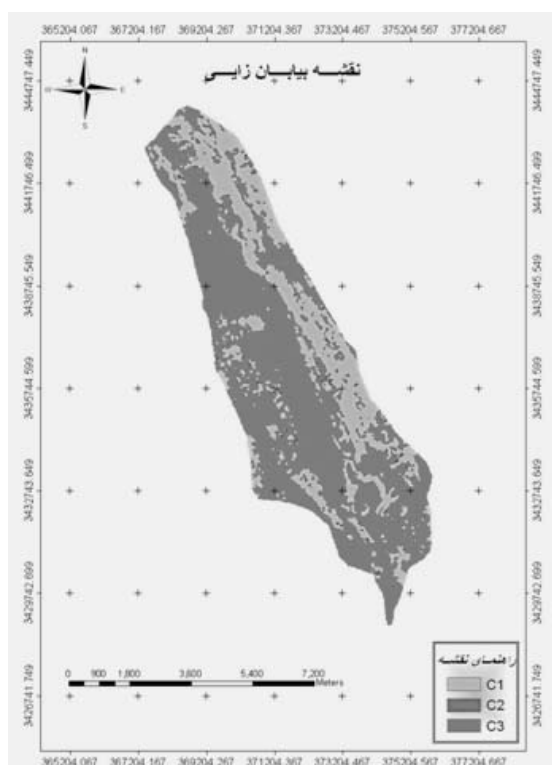
عامل	زیر معیار	بستر رودخانه	اراضی زراعی	تپه‌های ماسه‌ای	اراضی شور و پف کرده
خاک	بافت خاک	۱	۱	۱/۶	۱/۲
	زهکشی	۱	۱/۲	۱	۲
	شیب٪	۱	۱	۱	۱
	مواد مادری	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۷
	عمق خاک(cm)	۱	۱	۱	۱
	سنگریزه سطحی٪	۲	۲	۲	۲
SQI					۱/۴۱۸
پوشش گیاهی	خطر آتش سوزی	۱/۶	۱/۸	۱/۶	۲
	حفاظت خاک	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۲
	مقاومت به خشکی	۱/۲	۲	۱/۲	۲
	درصد پوشش	۱	۱	۱/۸	۲
VQI					۱/۳۲
مدیریت کاربری	نوع کاربری	۱/۳	۱	۲	۲
	عملیات مدیریتی	۱	۱	۱/۵	۲
MQI					۱/۱۴
اقلیم	ساخس BGI	۲	۲	۲	۲
	بارندگی	۲	۲	۲	۲
CQI					۲



شکل ۲- نقشه واحدهای کاری بدست آمده از منطقه مورد بررسی با توجه به بازبیدهای به عمل آمده از منطقه

مشخص می‌شود میزان شاخص بیابان‌زایی برای منطقه مورد بررسی بین ۱/۳۸ تا ۱/۸۴ متغیر بدست آمده و با توجه به جدول (۶) در کلاس تیپ‌های بحرانی قرار می‌گیرد.

نتایج بدست آمده از مشخص معیارهای موثر بر فرایند بیابان‌زایی در جدول (۷) ارائه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از شاخص‌های عامل‌های موثر بر فرایند بیابان‌زایی نمایش داده شده در جدول (۸)



شکل ۳- نقشه کلاس‌های بیابان‌زایی بدست آمده از روش ESAs مطابق با دامنه امتیازبندی ذکر شده در جدول ۳

در برآورد دقت بررسی می‌باشد که از ایرادهای کلی وارد بر روش‌های تهیه نقشه بیابان‌زایی می‌باشد، چرا که با مقایسه کیفی همراه می‌باشد). همان‌طوری که از جدول امتیازدهی بر می‌آید (۷) اقلیم با کسب بیشترین امتیاز (۲) به‌عنوان اصلی موثر بر فرایند بیابان‌زایی بشمار می‌آید و می‌توان گفت؛ تبخیر بیش از اندازه و بارندگی محدود و وزش بادهای شدید شرایط را برای روند بیابانی‌شدن اراضی مستعد می‌نماید. با رخداد خشکسالی‌های اقلیمی و هواشناسی از یک سو و تشدید خشکسالی دو سویه هیدرولوژیکی از سوی دیگر موجب شد تا بحران آب در منطقه شکل جدی‌تری به خود بگیرد و به دنبال خشک شدن دریاچه‌ها (پوزک، صابری، هیرمند) بستر دریاچه

با توجه به جدول (۸) مشخص می‌شود که از کل گستره منطقه حدود ۱۵۰۰ هکتار معادل ۳۱٪ از کل منطقه جزء تیپ (C1) یا منطقه بحرانی کم می‌باشد، ۳۶/۴ هکتار معادل کمتر از ۱٪ از منطقه جزء تیپ (C2) یا بحرانی میانگین می‌باشد و ۳۲۸۳/۶ هکتار معادل ۶۸٪ از منطقه جزء تیپ (C3) یا بحرانی زیاد می‌باشد. در نهایت با توجه به بازدیدهای به‌عمل آمده از منطقه مورد بررسی و مقایسه شرایط طبیعی (کانون بحرانی در سیستان)، بر پایه نظرات کارشناسی و با استفاده نقشه‌های تهیه شده در روش ESAs، منطقه به‌طور کامل در زیر کلاس‌های بحرانی واقع شده و با شرایط طبیعی منطقه به‌طور کامل همخوانی دارد (این بخش در واقع نشان دهنده دخیل بودن نظر کارشناس

دیگر بافت و مواد مادری خاک به عنوان دو عامل تعیین کننده در بیابانی شدن بشمار آمده‌اند. نبود پوشش گیاهی در برخی از کاربری‌های اراضی از جمله اراضی شور و پف کرده همراه با رخساره نیکا باعث حساسیت بالای این بخش از منطقه نسبت به بیابان‌زایی شده است. در نهایت وضعیت اقلیم منطقه با توجه به داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زابل، شرایط را در همه بخش‌های منطقه مستعد فرایند بیابان‌زایی نموده، بگونه‌ای که این عامل به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده منطقه بشمار می‌آید.

تبدیل به منبعی غنی از برداشت ماسه و در نهایت تبدیل اراضی کشاورزی به منطقه رسوب‌گذاری یا ارگ (ERG) شود. با توجه به این مشخص می‌شود که عامل اقلیم به عنوان عامل کلیدی روند بیابانی شدن منطقه بشمار می‌آید، همچنین عامل‌های دیگر خاک اعم از بافت خاک، نبود سنگریزه سطحی، در واقع سنگ و سنگریزه به عنوان پوشش حفاظتی خاک بشمار آمده و نقش عمده‌ای در کاهش فرسایش و شدت بیابان‌زایی دارد، در این منطقه نبود سنگ و سنگریزه سطحی باعث شده تا منطقه نسبت به فرایند بیابان‌زایی حساسیت بیشتری نشان دهد، از سوی

جدول ۸- نتایج بدست آمده از شاخص ESAI

کلاس	زیر کلاس	دامنه شاخص	گستره (ha)	درصد گستره %
غیر حساس	N.A	< ۱/۱۷	-	-
بلقوه	P	۱/۱۷ - ۱/۲۲	-	-
شکننده	F1	۱/۲۳ - ۱/۲۶	-	-
	F2	۱/۲۷ - ۱/۳۲	-	-
	F3	۱/۳۳ - ۱/۳۷	-	-
بحرانی	C1	۱/۳۸ - ۱/۴۱	۱۵۰۰	۳۱
	C2	۱/۴۲ - ۱/۵۲	۳۶،۴	۱
	C3	> ۱/۵۳	۳۲۸۳،۶	۶۸

بیابان‌زایی. بر پایه نتایج بدست آمده از تحقیق پیش رو و دیگر تحقیقات، بکارگیری میانگین هندسی داده‌ها نسبت به میانگین حسابی نتیجه را بهتر نمایش می‌دهد. دوم بکارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی در تلفیق لایه‌ها، این امر به نوعی باعث کاهش خطای ناشی از کارشناس می‌شود. سوم بکارگیری تحقیقات و آمار موجود از منطقه مورد بررسی در استخراج داده‌های مورد استفاده. بخش اعظمی از داده‌های مورد نیاز در روش مورد استفاده در تحقیق پیش رو قابل استخراج از آمار و ارقام و تحقیقات به انجام رسیده از راه مراکز تحقیقات و دیگر نهادهای مرتبط می‌باشد.

روش‌های مختلف برای بدست آوردن نقشه بیابان‌زایی، بر پایه شرایط حاکم بر منطقه طراحی می‌شوند. هر کدام از این روش‌ها شاخص‌های مختلفی دارند. با این وجود برای

## بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی روش‌های طراحی شده برای برآورد شدت بیابان‌زایی هر کدام دارای نقاط ضعف و قوتی می‌باشد. روش مورد استفاده از این نظر مستثنی نبوده است که در زیر در این رابطه به اختصار شرح داده می‌شود. در آغاز نشان داده می‌شود که همه روش‌های مورد استفاده دارای نقطه ضعف مشترکی بوده که شامل دخیل بودن نظر کارشناس در امتیازدهی عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی می‌باشد. این امر باعث بروز اشتباه در امتیاز برآورد شده می‌باشد. بگونه‌ای که یک عامل مشخص بر پایه نظر دو کارشناس ممکن است امتیازی متفاوت کسب کند. نقاط قوت روش مورد استفاده شامل مواردی مانند: اول بکارگیری میانگین هندسی داده‌ها در برآورد میزان شاخص

می‌دهد. در تحقیق پیش رو نیز از میانگین هندسی استفاده شده و نتایج بدست آمده بر پایه بازدیدهای به‌عمل آمده از منطقه نسبت به بررسی‌های پیشین به انجام رسیده با واقعیت همخوانی بیشتری دارد. (Pavari 2010) خطر بیابان‌زایی منطقه نیاتک سیستان را با استفاده از روش FAO-UNEP مورد ارزیابی قرار داد. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که عواملی مانند: عامل سنگریزه سطحی، شاخص LSS (پوشش گیاهی)، آب زیرزمینی و اقلیم با کسب بیشترین میزان امتیاز به‌عنوان عوامل اصلی بر تشدید فرایند بیابان‌زایی شناخته شدند. با توجه به نتایج بدست آمده از روش بکار برده شده در این تحقیق، منطقه مورد بررسی از نظر طبقه‌بندی کلاس‌های بیابان‌زایی در کلاس‌های میانگین، شدید و خیلی شدید قرار دارد. در تحقیق پیش رو مشخص شده از میان عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی، اقلیم و پوشش گیاهی نیز به‌عنوان عوامل اصلی موثر بر فرایند بیابان‌زایی منطقه مورد بررسی شناسایی شدند. (Hosayni 2009) با بررسی شدت بیابان‌زایی در منطقه نیاتک سیستان با استفاده از روش ICD مشخص کرد منطقه نیاتک در چهار کلاس آرام (۶۲۵/۶) هکتار معادل ۱۳ درصد کل منطقه، میانگین (۱۵۰۲/۷) هکتار معادل ۳۲ درصد از کل منطقه، زیاد (۱۹۶۲/۳) هکتار معادل ۴۰/۷ درصد کل منطقه) و خیلی زیاد (۷۳۰/۱) هکتار معادل ۱۵/۲ درصد کل منطقه) قرار دارد. در روش ICD از میانگین حسابی برای بدست آوردن شاخص بیابانی منطقه استفاده می‌شود. در تحقیق پیش رو از میانگین هندسی داده‌ها برای برآورد شاخص بیابانی شدن منطقه استفاده شد. نتایج نشان دادند که منطقه مورد بررسی در کلاس بحرانی قرار دارد و با شرایط طبیعی منطقه سازگار می‌باشد. نتایج این تحقیق نسبت به نتایج بدست آمده از روش ICD بیشتر مورد تأیید می‌باشد. با مقایسه نتایج بدست آمده از این تحقیق با تحقیقات دیگران چون سپهر و همکاران (Sepehr et al., 2006) در جنوب ایران و زهتابیان و رفیعی امام (Zehatabeyan & Rafiee, 2003) در دشت ورامین، می‌توان به این نتیجه رسید که روش بکار رفته در این تحقیق بر خلاف روش‌های

استفاده از این روش‌ها در مناطق مختلف، در آغاز باید بر پایه شرایط حاکم بر منطقه این روش‌ها اصلاح شوند. روش‌ها FAO UNEP, ICD و ESAs از این قاعده مستثنی نمی‌باشند. با این وجود همه شاخص‌های مورد نظر در روش‌های مختلف مربوط به چند مورد خاص می‌باشند که شامل: اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و غیره می‌باشد. در روش ESAs شاخص‌های مورد ارزیابی شامل مواردی مانند: خاک، گیاه، اقلیم و مدیریت کاربری اراضی می‌باشند. در میان زیرمعیارهای مربوط به خاک بر پایه بررسی به انجام رسیده، زیرمعیار سنگریزه سطحی و موارد مادری در بیشتر کاربری‌ها و زیرمعیار بافت خاک در کاربری اراضی تپه‌های ماسه‌ای با کسب امتیاز بالا به عنوان زیرمعیارهای کلیدی خاک در پیش برد فرایند بیابان‌زایی نقش ایفا می‌کنند. درصد پوشش گیاهی و حفاظت خاک در میان زیرمعیارهای عامل پوشش گیاهی نیز به عنوان زیرمعیارهای کلیدی موثر بر فرایند بیابان‌زایی مشخص شدند. با توجه به بحرانی بودن شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه مورد بررسی، همه زیرمعیارهای در نظر گرفته شده برای محاسبه شاخص اقلیم بالاترین حد امتیاز را کسب کرده و همگی نقش پایه‌ای در پیش برد فرایند بیابان‌زایی ایفا می‌کنند. در نهایت برپایه بررسی کلی شاخص‌های محاسبه شده اعم از MQI, SQI, CQI و VQI، شاخص CQI با کسب بیشترین میزان امتیاز در همه کاربری‌ها به‌عنوان شاخص کلیدی موثر بر فرایند بیابان‌زایی مشخص شده است. در میان کاربری‌های اراضی مختلف بر پایه نتایج بدست آمده مشخص می‌شود که کاربری اراضی شور و پف کرده با کسب بیشترین میزان امتیاز در هر زیرمعیار به‌عنوان بحرانی‌ترین بخش منطقه مورد بررسی شناسایی شده است. با مقایسه نتایج بدست آمده از تحقیقات به انجام رسیده در نقاط مختلف جهان با این تحقیق که از این جمله می‌توان به مواردی از جمله: تحقیقات Lavado (۲۰۰۷) در جنوب غرب اسپانیا که طی این تحقیق کارایی روش مورد استفاده به اثبات رسید، اشاره کرد. در این تحقیق کارشناسان به این مهم پی بردند که میانگین هندسی امتیازات برآورد شده نتیجه را بهتر از میانگین حسابی نشان

بحرانی شدید بیشترین درصد منطقه را به خود اختصاص داده‌اند که شامل تپه‌های ماسه‌ای روان و اراضی شور و پف کرده می‌باشند، که در صورت مهار نشدن این مناطق به نواحی دیگر انتقال یافته و وضعیت منطقه را از شرایط حال بحرانی‌تر می‌کند. با توجه به بازدیدهای صحرائی به عمل آمده از منطقه، در مناطقی که در کلاس بحرانی پایین قرار داشته می‌توان با اجرای طرح‌های بیابان‌زدایی از پیشروی فرایند بیابان‌زایی جلوگیری به عمل آورد. در غیر این صورت به علت شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه وضعیت این مناطق بحرانی‌تر می‌شود.

مشکل اساسی بررسی و پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی در کشورهای مختلف جهان، بررسی کیفی عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی بوده و نتایج با استفاده از نظر کارشناسانی که اشراف به مسایل منطقه عملیاتی دارند مورد تحلیل قرار می‌گیرند. رد یا پذیرفته شدن این نتایج بسته به نظر کارشناسان داشته لذا در این تحقیق بر پایه نظر کارشناسان کارآزموده گروه تحقیقاتی، مشخص شده نتایج بدست آمده از روش ESAs قابل قبول‌تر بوده و می‌توان از نتایج این تحقیق برای اجرای طرح‌های بیابان‌زایی استفاده نمود. با توجه به بررسی‌های انجام شده در این تحقیق باید روش پیشنهاد شده (روش ESAs) در طرح، بر پایه معیارها و شاخص‌های موثر بر فرایند بیابان‌زایی در دیگر نقاط کشور با اقلیم‌های مختلف، بکار رود تا نقاط قوت و ضعف آن بیشتر آشکار و در صورت لزوم اصلاح و تعدیل شود.

دیگر برای بررسی در سطح منطقه‌ای از دقت بالایی برخوردار است (روش ESAs). عامل‌های مورد ارزیابی در این روش ساده‌تر از روش‌های دیگر بوده و همه آنها از بررسی‌های پوشش گیاهی، اقلیم، خاکشناسی و قابلیت اراضی در کشور قابل دستیابی است. با توجه به بازدیدهای صحرائی به عمل آمده از منطقه، در مناطقی که در کلاس بحرانی پایین قرار داشته می‌توان با اجرای طرح‌های بیولوژیکی و مکانیکی از پیشروی فرایند بیابان‌زایی جلوگیری کرد، در غیر این صورت به علت شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه وضعیت این مناطق بحرانی‌تر خواهد شد. به علت اثرات عوامل مخرب بر روی پوشش گیاهی تنوع گونه‌ای در منطقه چندان مشهود نمی‌باشد. آثار و شواهد موجود در منطقه بیانگر این واقعیت است که در گذشته نه چندان دور پوشش گیاهی منطقه غنی و از تنوع گونه‌ای بالایی برخوردار بوده به طوری که آثار و شواهد باقی‌مانده از جنگل‌های گز (*Tamarix stricta*) و نی‌زارهای انبوه و چمن‌زارهای فصلی (*Aeluropus littoralis*) دیده می‌شود. این واقعیت نشانگر آن است که در گذشته اوج رویش جامعه گیاهی (کلیماکس) منطقه مورد بررسی را گونه‌های یاد شده تشکیل داده که بر اثر مدیریت نادرست از بین رفته‌اند. هم‌اکنون نبود پوشش گیاهی در برخی از کاربری‌های اراضی از جمله اراضی شور و پف کرده همراه با رخساره نبکا باعث حساسیت بالای این بخش از منطقه نسبت به فرایند بیابان‌زایی شده است. همان‌طوری که از نقشه بیابان‌زایی طراحی شده بر می‌آید، مناطق با کلاس

## منابع

- Asma, A.A., Anwar, Sh.A., Waleed, K.A., Nabil, A.E., Mahmmmod, A.R., 2002. Desertification in the Arab Region: analysis of current status and trends. Journal of Arid Environments, Catena 51, 521–545.
- Brunner, A.C., Park, S.J., Ruecker, G.R., Vlek, P.L.G., 2008. Erosion modeling approach to simulation the effect of land management options on soil loss by considering catenary soil development and farmers precipitation. Land Degrad. Develop, Catena 19, 623–635.
- Falahmehne, S.R., 2004. Evaluation of tow methods, FAO-UNEP and Ekhtesasi- Mohajeri for classification of desertification in the field of management of MAHVELAYAT plain (TORBAT HIDAREYE), MSc thesis scince of Agricalcher and Natural Resuress of Gorgan University faculty of natural resource. 128 pp.

- Glantz, M.H., 1977. Desertification: Environmental Degradation in and around Arid Lands. Boulder, Westview Press, 123 pp.
- Hare, F.K., 1977. Connections between climate and desertification, Environmental Conservation, Catena 4(2): 82.
- Hossayni, S.M. 2009., Classification of Desertification Intensity Using ICD Model in Niatak Region of Sistan. MSc thesis, University Zabol, 120 pp.
- Kosmas, C., A. Ferrara, H. Briasouli, and A. Imeson, 1999. Methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification. European commission, pp. 31–47.
- Kosmas, C., Krikby, M., Geeson., 1999. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. Office for Official Publications of the European Communities. European Communities. 94 pp.
- Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N., Karavitis, C., 2003. Identification of indicators for desertification. Annals of Arid Zones. Catena 42, 393-416.
- Kovda, V., 1980. Land aridization and drought control, Boulder Westview Press.
- Laura, A.D., Daniel, E.B., 2009. Threshold wind velocity susceptibility to wind erosion under variable climatic condition. Land Degrad. Develop, Catena 20, 14–21.
- Lavado, C.J.F., Schnabel, S., Mezo Gutierrez, A.G., Pulido, F.M., 2009. Mapping Sensitivity to land degradation Extremadura.SW Spain. Land Degrad. Develop, Catena 20, 129–144.
- Le Houerou, H.N., 1975. The nature and causes of desertification, In: Proceedings of the IGU Meeting on Desertification, Cambridge: 22-26.
- Li, X.Y., Ma, Y.J., Xu, H.Y., Wang, J.H., Zhang, D.S., 2009. Impact of land use and land cover change on environment degradation in Lake QINGHAI watershed, northeast QINGHAI-TIBET plateau. Land Degrad and Development. Catena 20, 69–83.
- Parvari assl, S.H., 2010. Classification of Desertification Intensity Using FAO-UNEP Model in Niatak Region of Sistan. MSc thesis, University Zabol, 74 pp.
- Refahi, H.Gh., 2006., Wind Erosion and protect. Volume 2, Tehran University Publications. 320 P.
- Reining, P., (compiler), 1978. A Handbook on Desertification Indicators: based on the Science Associations' Nairobi Seminar on Desertification. Washington: American Association for the Advancement of Science.
- Sepehr, A., Hassanli, A.M., Ekhtesasi, M.R., Jamali, J.B., 2007. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. Environ Monit Assess. 12 pp.
- Singh, G., 2009. Salinity related desertification and management strategies INDIAN experience. Land Degrad. Develop, Catena 20, 367–385.
- Zehtabiyani, G.R., Rafie Emam, A., 2003. ESAs new method for evaluating and mapping sensitive areas to desertification. Journal of desert. 120-125.
- Zhu, D., Wang, T.W., Cai, C.F., Li, L., Shi, Z.H., 2009. Large-scale assessment of soil erosion using a neuro-fuzzy model combined with GIS: A case study of HUBEI PROVINCE, CHINA. Land Degrad and Development. Catena 20, 654–666.

## **Classification of Desertification Intensity using ESAs Model in Niyatak Region (Sistan, Iran)**

**S. H. Parvari Asl<sup>1</sup>, A. Pahlavanravi\*<sup>2</sup> and A. Moghaddam Nia<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> MSc. Graduate, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, I.R. Iran

<sup>2</sup> Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, I.R. Iran

(Received: 10 March 2010, Accepted: 20 September 2010)

### **Abstract**

Desertification is the consequence of series of processes in which climate change and human activities are more important factors than others. Arid and semi-arid areas have occupied most parts of Iran. Sistan region is one of arid areas of Iran where wind erosion is an important factor of land degradation and soil deterioration. For classification of desertification intensity, several methods have been proposed so far. ESAs Model is one of the best and recent methodologies introduced by the European Commission in 1999 and evaluated by most of European as well as Middle Eastern countries. ESAs has more advantages than other methods because of its accuracy, particular weighing of layers, use of geographical information systems in overlaying of maps, use of geometric mean over arithmetic one or sum in computing indices and final desertification map. The method was chosen to monitor desertification in the study area. The factors which affect on desertification were evaluated based on the related tables. According to the conditions of the study area, it was found that four factors including vegetation cover, soil, climate and land use management are the most important desertification factors. The results showed that climate play vital role in land degradation and desertification. Based on the results of it is found that the study area has critical conditions. It includes high critical (C3), moderate critical (C2) and low critical (C1) classes of desertification which cover 68%, less than 1% and 31% of the region, respectively.

**Keywords:** Desertification, ESAs model, Sistan Region