

ارزیابی خطر بیابان‌زایی منطقه اینچه‌برون در استان گلستان با استفاده از مدل ESAs

اسماعیل سیلاخوری^۱، حمید نیک‌نهاد قره‌ماخر^{۲*} و عبدالباسط آق‌تابای^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مرتع‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، پست الکترونیک: hamidniknahad@yahoo.com

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۸

چکیده

شناسایی و ارزیابی فرایندها، عوامل و وضعیت فعلی شدت بیابان‌زایی به‌منظور تدوین برنامه‌های مشخص و واقع‌گرایانه کنترل بیابان‌زایی از نیازهای اساسی مناطق بیابانی می‌باشد. در این تحقیق به‌منظور ارزیابی بیابان‌زایی منطقه اینچه‌برون در استان گلستان، از ۳ شاخص کیفیت خاک، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت اقلیم مدل ESAs استفاده گردید. بدین‌منظور، نقشه هر شاخص از میانگین هندسی لایه‌های آن به‌دست آمد و از طریق میانگین هندسی شاخص‌های کیفیت و با کلاس‌بندی نقشه حاصل، نقشه حساسیت بیابان‌زایی (ESAI) منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد. در نهایت، اراضی منطقه مورد مطالعه در سه کلاس غیر حساس (۷/۶۴ درصد)، شکننده (۱۴/۴۱ درصد) و بحرانی (۷۷/۹۵ درصد) قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده نشانگر آن است که مهمترین عوامل مؤثر در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه، زهکشی ضعیف، بافت سنگین و رسی خاک و فقر پوشش گیاهی در کنار عامل اقلیم است که باعث به وجود آمدن شرایط بیابانی شده است. با توجه به این موضوع و همچنین قرار گرفتن منطقه در کلاس بحرانی بیابان‌زایی، پیشنهاد می‌گردد از طریق اقدامات اصلاحی بیولوژیکی و مکانیکی از قبیل کاشت گیاهان مقاوم به خاک‌های سنگین و شور و نیز احداث زهکش در اراضی باتلاقی از پیشروی فرایند بیابان‌زایی جلوگیری کرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی خطر بیابان‌زایی، ESAs، اینچه‌برون، گلستان.

مقدمه

طبیعی است و هم به عملکرد نادرست انسان برمی‌گردد (Zehtabian & Rafiei Emam, 2003). بیابان‌زایی پدیده‌ای است که سازمان ملل متحد به‌عنوان یک مشکل مهم جهانی در کنفرانس بیابان‌زدایی ملل متحد در سال ۱۹۷۷ (نایروبی) رسماً مورد شناسایی قرار داد و امروز آثار زیانبار آن به‌عنوان یک معضل بزرگ اقتصادی-اجتماعی و محیطی به اثبات رسیده است (Feiznia et al., 2001). در اجلاس بیابان‌زایی ملل متحد در سال ۱۹۷۷ (شهر نایروبی، پایتخت

وسعت اراضی بیابانی دنیا در حدود ۴۵/۶ میلیون کیلومتر مربع می‌باشد که ۳۵ درصد خشکی‌های کره زمین را به خود اختصاص داده و ۸۵۰ میلیون نفر را در بیش از ۱۰۰ کشور جهان تحت تأثیر قرار داده است (Zhao et al., 2014). بیابان‌زایی به‌عنوان معضلی گریبانگیر در بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه است. بیابان‌زایی مشتمل بر فرایندهایی است که هم‌زاییده عوامل

به‌عنوان شاخص‌های کلیدی بیابان‌زایی تعریف شدند و در نهایت نقشه بیابان‌زایی از میانگین هندسی شاخص‌های مذکور به‌دست آمد. بعد از ارائه این مدل دانشمندان کشورهای مختلف اروپایی و آسیایی به ارزیابی آن برای بررسی بیابان‌زایی در مناطق خود پرداختند (Brandt & Thornes, 1996, 1999, Basso et al., 2002, Kosmas et al., 2010, Parvari Asl, et al., 2010). Giordano و همکاران (۲۰۰۲) به‌منظور ارزیابی بیابان‌زایی در منطقه سیسیل ایتالیا از روش مدالوس استفاده نمودند. بدین ترتیب که پس از اصلاح و بازسازی آن با توجه به شرایط منطقه، چهار شاخص کلیدی بیابان‌زایی در منطقه مطالعاتی (خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت اراضی) را در نظر گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که در بیش از ۵۰ درصد منطقه حساسیت به بیابان‌زایی زیاد تا متوسط است. Zehtabian و همکاران (۲۰۱۰) اثر شاخص خاک را در بیابان‌زایی حبله‌رود با استفاده از مدل مدالوس مورد بررسی قرار دادند. بدین‌منظور از شش لایه آن مشتمل بر بافت، درصد مواد آلی، درصد سنگریزه عمقی، عمق خاک، میزان هدایت الکتریکی و شیب استفاده نمودند. نتایج نشانگر آن بود که ۷۰/۸۴ درصد از کل منطقه در کلاس بیابان‌زایی متوسط قرار دارد و بافت خاک و درصد سنگریزه سطحی مؤثرترین عوامل در بیابان‌زایی منطقه می‌باشند. Parvaneh (۲۰۰۹) بیابان‌زایی منطقه طبس مسینا را با استفاده از مدل مدالوس مورد ارزیابی قرار داد. وی در تحقیق خود از ۸ شاخص؛ وضعیت خاک، اقلیم، فرسایش، پوشش گیاهی، آب‌های زیرزمینی، فیزیوگرافی، زمین‌شناسی و مدیریت استفاده نمود و در نهایت با میانگین‌گیری هندسی از این معیارها، نقشه‌های حساسیت منطقه به بیابان‌زایی و وضعیت فعلی بیابان‌زایی را به‌دست آورد. نتایج وی نشان داد که از نظر شدت بیابان‌زایی ۵/۳ درصد از کل منطقه در کلاس بسیار شدید، ۹۳/۳ درصد در کلاس شدید و ۱/۴ درصد در کلاس متوسط قرار دارند. نتایج وی همچنین نشان داد که شاخص‌های مدیریت و آب‌های زیرزمینی، از مهمترین عوامل مؤثر در بیابان‌زایی منطقه طبس مسینا می‌باشند. Parvari Asl و همکاران (۲۰۱۰) نیز به‌منظور برآورد شدت بیابان‌زایی در

کنیا) کاهش قابلیت تولید اراضی دارای اقلیم‌های خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب که در نهایت منجر به شرایط مشابه بیابان می‌شود، بیابان‌زایی تعریف شده است (Kumar et al., 1993 و Ekhetsassasi & Sepehr, 2011). مناطق خشک و نیمه‌خشک بیش از ۴۰ درصد از سطح جهان را تشکیل می‌دهند (Veron et al., 2006) و بخش‌های وسیعی از این مناطق بطور بالقوه در معرض بیابان‌زایی قرار دارند. از این‌رو، مطالعه بیابان‌زایی در این مناطق از اهمیت شایانی برخوردار است (Adeel et al., 2005, 2008 Crawford و Corrado et al., 2014).

گسترش سریع بیابان‌زایی منجر به خسارتهای اقتصادی، تخریب محیط‌زیست، شرایط ناپایدار سیاسی محلی و هرج و مرج‌های اجتماعی شده است؛ بر این اساس دلایل بیابان‌زایی در بسیاری از مطالعات مورد توجه قرار گرفته است (Xu et al., 2010). به‌منظور ارزیابی بیابان‌زایی، تحقیقات مختلفی در داخل و خارج کشور انجام شده که به ارائه مدل‌های منطقه‌ای فروانی منجر شده است، از مدل‌های رایج در این مورد می‌توان از مدل جهانی فائو یونپ (FAO-UNEP)، لادا (Lada)، گلاسود (Glasod)، تاکسونومی (Taxonomi) و مدالوس (Mediterranean Desertification and Land Use (MEDALLUS) نام برد (Esfandiari & Hakimzadeh Ardakani, 2011). بیابان‌زایی پدیده‌ای است که در نتیجه اثرات متقابل تعدادی از عوامل به وجود می‌آید و باید تمامی این پارامترها با هم در نظر گرفته شوند. روش ESAs (Environmentally Sensitive Areas to desertification) به خوبی به این مسئله توجه نموده و در ارزیابی بیابان‌زایی هر منطقه کمک می‌کند (Shahriyari et al., 2011). کمیسیون اروپا پروژه مدالوس را برای ارزیابی بیابان‌زایی در کشورهای مدیترانه‌ای پیشنهاد نمود. این پروژه به مدت ۹ سال و در طی ۳ مرحله از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۹ به طول انجامید و در سال ۱۹۹۹ مدلی برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی تحت عنوان ESAs ارائه گردید. در این مدل چهار شاخص تحت عنوان شاخص کیفیت خاک، شاخص کیفیت اقلیم، شاخص کیفیت پوشش گیاهی و شاخص مدیریت

کیفیت خاک، کیفیت اقلیم و کیفیت پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است. هدف این تحقیق، تعیین وضعیت بیابان‌زایی منطقه اینچه‌برون در شمال شهرستان گنبدکاووس در استان گلستان و شناسایی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی آن با استفاده از مدل ESAs می‌باشد. به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی در تلفیق لایه‌ها و استفاده از میانگین هندسی از مزایای روش ESAs است و باعث کاهش خطای کارشناسی می‌شود. قسمت اعظم داده‌های مورد نیاز در این روش نیز، از آمار و ارقام و تحقیقات به انجام رسیده توسط ادارات و مراکز تحقیقاتی دیگر قابل استخراج است و از مزایای مدل ESAs به‌شمار می‌آید.

مواد و روش‌ها

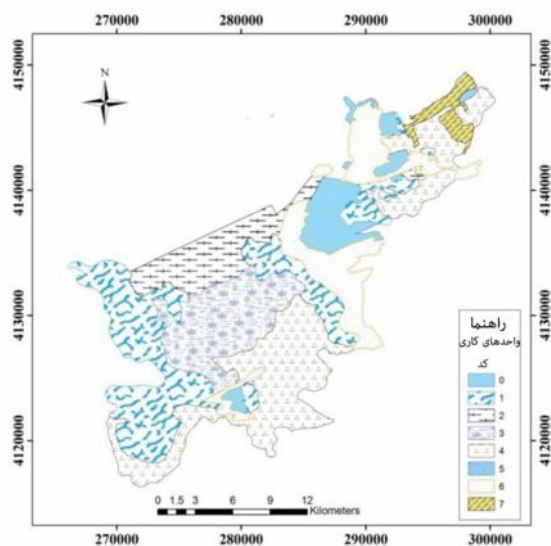
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه با وسعت $42135/22$ هکتار در محدوده جغرافیایی $37^{\circ}10'42''$ تا $37^{\circ}30'39''$ عرض شمالی و $54^{\circ}15'22''$ تا $54^{\circ}40'11''$ طول شرقی واقع شده است. از لحاظ تقسیمات سیاسی جزء استان گلستان می‌باشد (شکل ۱). ارتفاع منطقه از ۲۵- متر تا ۴۳ متر متغیر بوده، از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی به روش آمبرژه جزء اقلیم نیمه‌بیابانی محسوب می‌گردد. میانگین بارندگی آن $181/5$ میلی‌متر است که در فاصله ماه‌های آبان تا اردیبهشت ریزش می‌کند. بافت خاک از متوسط تا نسبتاً سنگین متغیر بوده و دارای قابلیت نفوذ متوسط، و شوری و قلیابیت خیلی زیاد می‌باشد (مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام گرگان و دشت، ۱۳۷۴).

روش تحقیق

تعیین واحدهای کاری: واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه کاربری اراضی منطقه که توسط سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور تهیه شده بود، به‌همراه تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و سایت Google Earth تهیه گردید. بدین‌منظور، ابتدا داده‌های ماهواره‌ای چند طیفی سنجنده TM (سال ۲۰۱۱ میلادی) که دارای ۶ باند طیفی و یک باند حرارتی (باند شش) بود در گذر ۱۶۱

منطقه سیستان از روش ESAs استفاده نمودند. برای این منظور از میانگین هندسی شاخص‌های پوشش گیاهی، خاک، اقلیم و مدیریت کاربری اراضی به نقشه نهایی بیابان‌زایی رسیدند. نتایج آنان نشانگر آن بود که کل منطقه مورد مطالعه در کلاس بحرانی قرار دارد و به‌طور جزئی‌تر ۶۸ درصد از منطقه در زیر کلاس بحرانی شدید (C3) قرار گرفت. Parvari Asl و همکاران (۲۰۱۱) مدل‌های ICD و ESAs را در منطقه نیاتک سیستان به‌منظور تهیه نقشه بیابان‌زایی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که کل منطقه در طبقه بحرانی قرار دارد، به‌طوری‌که ۶۸ درصد از منطقه در زیر طبقه بحرانی شدید (C3) است. این محققان، در نهایت مدل ESAs را کارآمدتر معرفی نمودند. Silakhori (۱۳۹۳) خطر بیابان‌زایی در منطقه مزینان سبزوار را با استفاده از معیار خاک مدل ESAs مورد پهنه‌بندی قرار داد و در نهایت معیارهای زهکشی و درصد سنگریزه سطحی را مؤثرترین شاخص‌ها معرفی نمود و بیشترین سطح منطقه مزینان در کلاس شکننده قرار گرفت. تهیه نقشه بیابان‌زایی بستر خشک هامون با استفاده از مدل ESAs نشان داد که $48/2$ درصد منطقه در طبقه بحرانی متوسط قرار دارد (Parvari Asl et al., 2011). Elena - Topa و همکاران (۲۰۱۳) حساسیت به بیابان‌زایی دو منطقه نیمه شهری جنوب صحرای اوآگادوگو (بورکینافاسو) و سنت لوئیس (سنگال) را با استفاده از روش اصلاح شده ESAs مورد بررسی قرار دادند و بخش شمالی منطقه سنت لوئیس را دارای حساسیت بحرانی به بیابان‌زایی معرفی نمودند. این محققان نقشه بیابان‌زایی توسعه یافته را ابزاری ارزشمند برای ترویج مدیریتی کارآمدتر از مناطق آسیب‌دیده و جهت‌یابی مؤثر برای سیاست‌های پیشگیری از بیابان‌زایی قلمداد کردند. D Pina Tavares و همکاران (۲۰۱۴) مناطق حساس به بیابان‌زایی نواحی کوهستانی ساحلی جزیره سانتیگو را مورد ارزیابی و پهنه‌بندی قرار دادند و بدین‌منظور از شش شاخص کیفیت مدل MEDALUS استفاده کردند. نتایج تحقیقات نشانگر آن بود که در بیش از ۵۰ درصد منطقه مورد مطالعه شواهد روشنی از یک منطقه بیابانی شده موجود می‌باشد. در این تحقیق، سه شاخص

تفسیر بصری واحدهای فتومرفیک و تصحیح مرزهای واحدهای کاری تهیه شده استفاده شد و در نهایت نقشه واحدهای کاری تهیه گردید (شکل ۲ و جدول ۱۱).



شکل ۲- واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه

و ردیف ۳۵ تهیه و وارد نرم‌افزار ILWIS گردید. سپس از تصاویر تحلیل مؤلفه اصلی (Principal Components Analysis: PCA) تصاویر کاذب رنگی (False Color Composite: FCC) و شاخص پوشش گیاهی NDVI برای



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گلستان

رابطه ۱

$$\text{Index}(x) = \frac{1}{n} [(layer 1)(layer 2)...(layer n)]$$

که در آن:

$\text{Index}(x)$: شاخص مورد نظر

Layer: لایه‌های هر شاخص

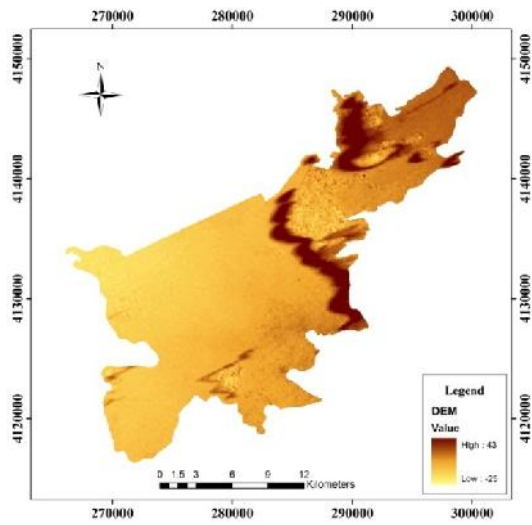
n: تعداد لایه‌های هر شاخص

شاخص کیفیت خاک (SQI: Soil Quality Index):

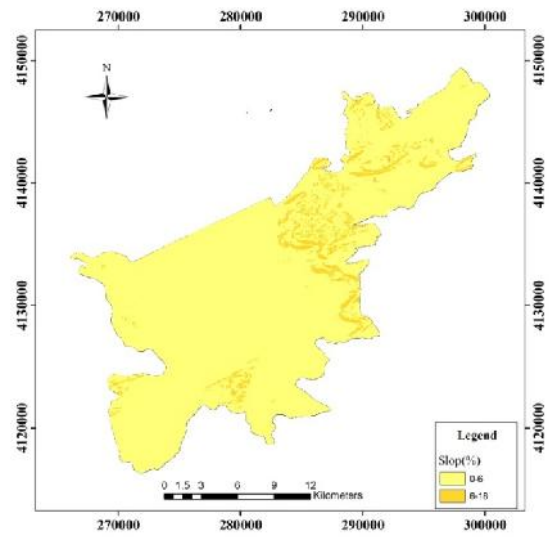
این شاخص از میانگین هندسی لایه‌های بافت خاک (شکل ۵)، عمق خاک (شکل ۶)، شیب (شکل ۷) و زهکشی (شکل ۸) به دست آمد. هر لایه مطابق با جدول امتیازدهی خود (جدول ۱)، وزن‌دهی شده و به صورت یک نقشه در سیستم اطلاعات جغرافیایی ترسیم و در نهایت بر اساس الگوریتم زیر، شاخص کیفیت خاک محاسبه شد.

$$\text{زهکشی} \times \text{شیب بافت خاک} \times \text{عمق خاک} = \text{شاخص کیفیت خاک}^{1/4}$$

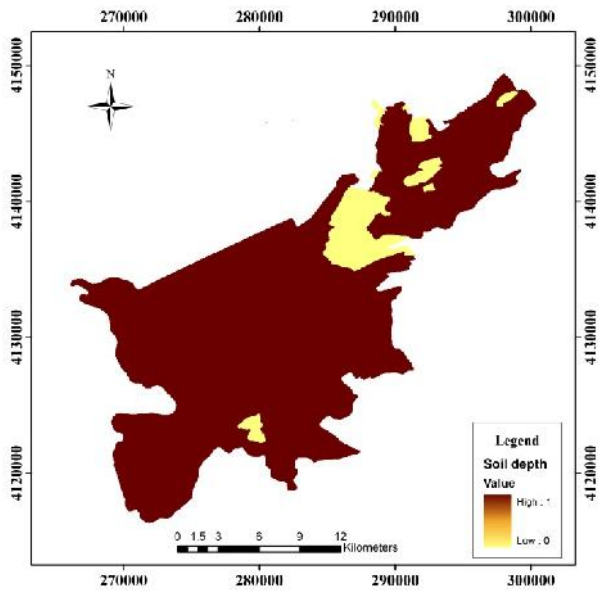
ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل ESAs: در این تحقیق از ۳ شاخص کیفیت خاک، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت اقلیم استفاده گردید. هر یک از شاخص‌ها دارای لایه‌هایی هستند که از بین آنها، برای شاخص کیفیت خاک لایه‌های بافت خاک، عمق خاک، زهکشی و شیب؛ برای شاخص پوشش گیاهی دو لایه مقاومت به خشکسالی و درصد پوشش گیاهی و جهت شاخص اقلیم از دو لایه میانگین بارندگی و خشکی استفاده گردید. به هر لایه بر اساس تأثیر آن در بیابان‌زایی با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه وزنی بین ۱ تا ۲ داده شد. به طوری که ارزش ۱ بهترین و ارزش ۲ بدترین وزن بوده است. همچنین به مناطقی مانند استخرهای آب، دریاچه‌ها و مناطق شهری ارزش صفر داده شد (زهتابیان، ۱۳۸۲). از میانگین هندسی لایه‌ها در هر شاخص، نقشه کیفی شاخص مورد نظر به دست می‌آید و در پایان از میانگین هندسی شاخص‌ها، نقشه حساسیت منطقه به بیابان‌زایی حاصل می‌گردد.



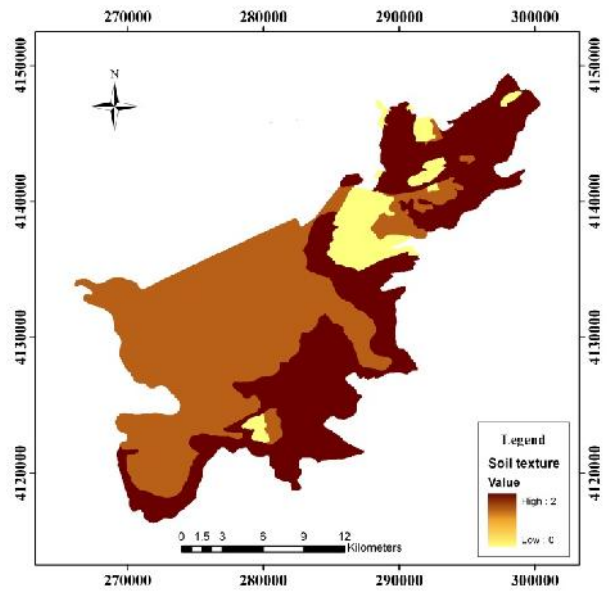
شکل ۴- نقشه مدل رقومی ارتفاع



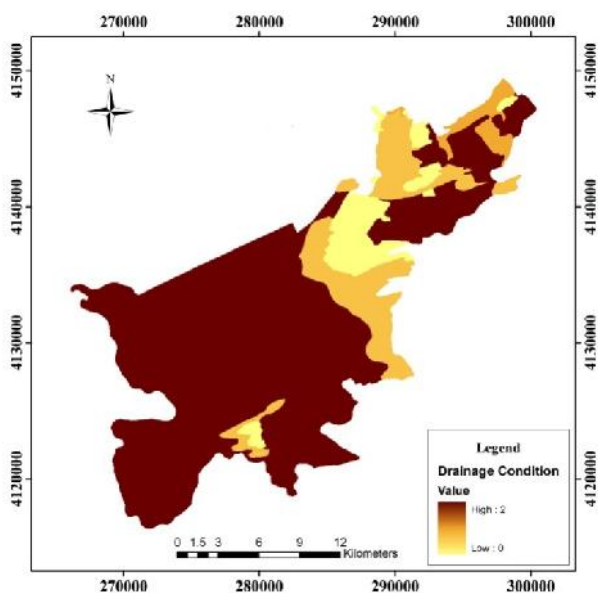
شکل ۳- نقشه طبقات شیب



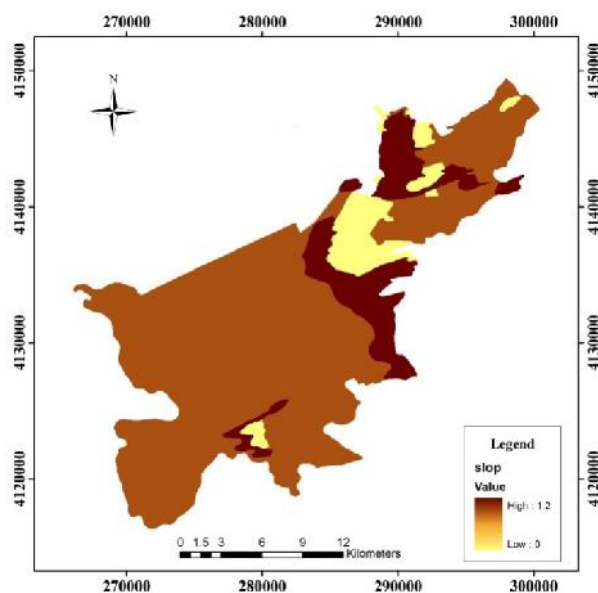
شکل ۶- لایه عمق خاک



شکل ۵- لایه بافت خاک



شکل ۸- لایه شرایط زهکشی



شکل ۷- لایه شیب

جدول ۱- کلاس‌ها و وزن‌های لایه‌های کیفیت خاک (SQI) (Shahriyari et al., 2009 و Silakhori, 2014)

دامنه وزن	تشریح	کلاس	
۱	L,SCL,SL,LS,CL	۱	بافت خاک
۱/۲	SC,SiL,SIDL'	۲	
۱/۶	Si,C,SiC'	۳	
۲	S	۴	شیب
۱	<۶	۱	
۱/۲	۶-۱۸	۲	
۱/۵	۱۸-۳۵	۳	
۲	>۳۵	۴	عمق خاک
۱	>۷۵	۱	
۱/۲	۳۰-۷۵	۲	
۱/۶	۱۵-۳۵	۳	
۲	<۱۵	۴	زهکشی
۱	نفوذپذیری خوب	۱	
۱/۲	تا حدودی نفوذپذیر	۲	
۲	نفوذپذیری کم	۳	

به روش هیدرومتری و EC به روش عصاره اشباع تعیین شد. نقشه شیب نیز با استفاده از نقشه توپوگرافی و مدل ارتفاعی رقومی منطقه و بر اساس جدول ۱، در دو کلاس طبقه‌بندی شد (شکل ۴). در نهایت، شاخص کیفیت خاک مطابق جدول ۲ طبقه‌بندی گردید.

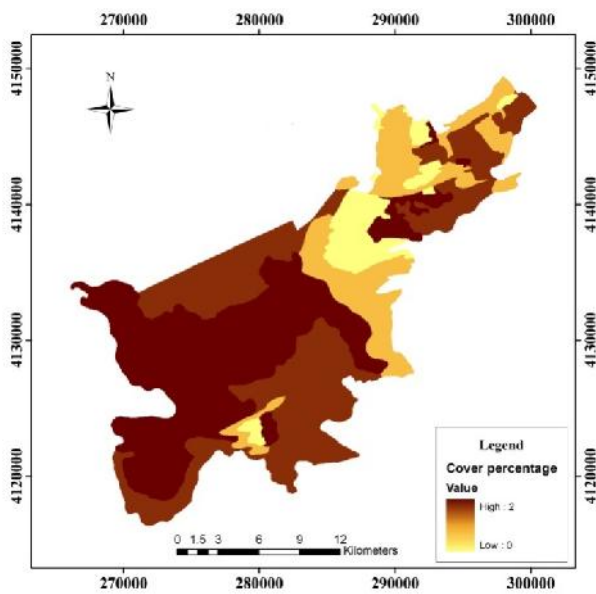
به منظور تعیین بافت خاک منطقه مورد مطالعه در هر واحدکاری با توجه به وسعت و همگنی اقدام به برداشت ۳ نمونه به صورت کاملاً تصادفی در دو عمق ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی‌متر گردید و در آزمایشگاه، پس از الک کردن، بافت خاک

جدول ۲- دامنه وزن کلاس‌های کیفیت خاک (SQI) (Shahriyari et al., 2009 و Silakhori, 2014)

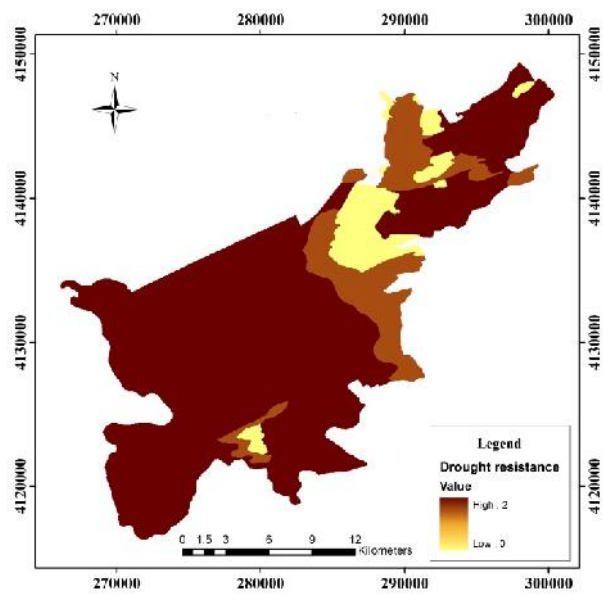
کلاس	تشریح	دامنه وزن
۱	کیفیت زیاد	< ۱/۱۳
۲	کیفیت متوسط	۱/۱۳-۱/۴۵
۳	کیفیت پایین	> ۱/۴۶

(شکل ۱۰) محاسبه و هر لایه مطابق جدول ۳ وزن‌دهی گردید و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی شد. سپس نقشه شاخص کیفیت پوشش گیاهی بر اساس جدول ۴ طبقه‌بندی شد.

شاخص کیفیت پوشش گیاهی (Vegetation Quality Index: VQI): این شاخص از میانگین هندسی لایه‌های مقاومت به خشکسالی (شکل ۹) و درصد تاج پوشش گیاهی



شکل ۱۰- لایه درصد تاج پوشش گیاهی



شکل ۹- لایه مقاومت به خشکسالی

جدول ۳- کلاس‌ها و وزن‌های لایه‌های کیفیت پوشش گیاهی (VQI) (Shahriyari et al., 2009)

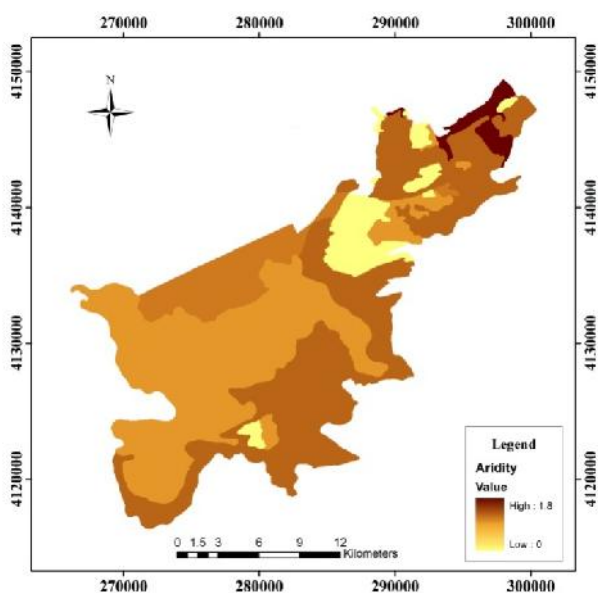
کلاس	تشریح	نوع پوشش گیاهی	دامنه وزن
۱	خیلی زیاد	جنگل‌ها و درختچه‌های همیشه سبز مخلوط و درختچه‌های همیشه سبز	۱
۲	زیاد	درختان کاج، درختان خزان کننده، درختان زیتون	۱/۲
۳	متوسط	درختان دائمی مثمر	۱/۴
۴	کم	علفزارهای دائمی	۱/۷
۵	خیلی کم	محصولات کشاورزی یکساله، علفزارهای یکساله	۲
۱	زیاد	> ۴۰	۱
۲	کم	۱۰-۴۰	۱/۸
۳	خیلی کم	< ۱۰	۲

جدول ۴- دامنه وزن کلاس‌های کیفیت پوشش گیاهی (VQI) (Shahriyari et al., 2009)

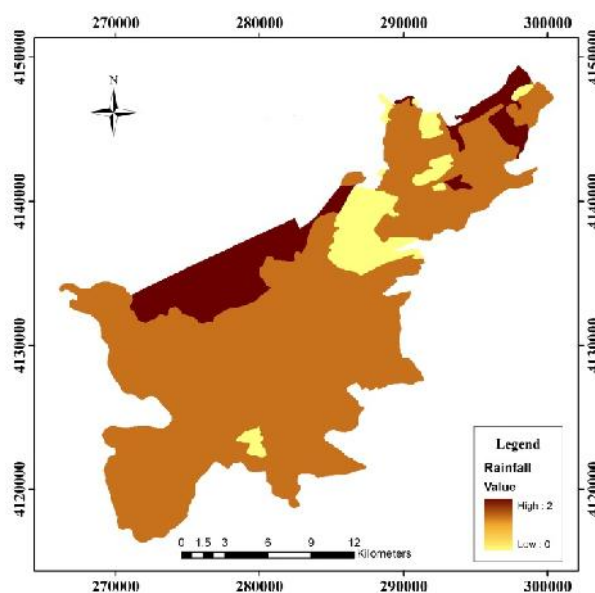
کلاس	تشریح	دامنه وزن
۱	کیفیت زیاد	۱ - ۱/۱۲
۲	کیفیت متوسط	۱/۱۳ - ۱/۳
۳	کیفیت کم	۱/۴ - ۲

آمد. هر لایه بر اساس جدول ۵ وزن‌دهی شد و بعد وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی گردید. نقشه شاخص کیفیت اقلیم بر اساس جدول ۶ طبقه‌بندی شد.

شاخص کیفیت اقلیم (CQI: Climate Quality Index): این شاخص از میانگین هندسی دو لایه میانگین بارندگی سالانه (شکل ۱۱) و خشکی (شکل ۱۲) به دست



شکل ۱۲- لایه خشکی



شکل ۱۱- لایه میانگین بارندگی سالانه

P_i = کل بارندگی برای ماه i ام بر حسب (میلی‌متر)

K_i = تعداد ماه‌هایی که $2t_i - p_i > 0$ باشد.

این شاخص در ۶ کلاس طبقه‌بندی می‌شود (جدول ۵).

در نهایت نقشه نهایی که نشان‌دهنده وضعیت بیابان‌زایی در منطقه است از میانگین هندسی شاخص‌های کیفیت بر اساس رابطه زیر به دست می‌آید:

برای محاسبه خشکی از شاخص بگنولود - گوسن (Bagnouls-Gausson Aridity) استفاده شد. این شاخص

به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$BGA = (2t_i - p_i)k_i \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن:

t_i = میانگین دمای هوا برای ماه i ام بر حسب (درجه

سانتی‌گراد)

$$ESAI = (SQI * CQI * VQI)^{0.333} \quad \text{رابطه ۴}$$

جدول ۵- کلاس و وزن لایه‌های شاخص کیفیت اقلیم (CQI) (Shahriyari *et al.*, 2009)

دامنه وزن	میزان بارندگی (mm)	کلاس	لایه‌های شاخص کیفیت اقلیم
۱	>۶۵۰	۱	بارندگی سالانه
۱/۵	۲۸۰-۶۵۰	۲	
۲	<۲۸۰	۳	
دامنه وزن	BGA	کلاس	خشکی
۱	<۵۰	۱	
۱/۱	۵۰-۷۵	۲	
۱/۲	۷۵-۱۰۰	۳	
۱/۴	۱۰۰-۱۲۵	۴	
۱/۸	۱۲۵-۱۵۰	۵	
۲	>۱۵۰	۶	

جدول ۶- دامنه وزن کلاس‌های کیفیت اقلیم (CQI) (Shahriyari *et al.*, 2009)

دامنه وزن	تشریح	شاخص کیفیت اقلیم
<۱/۱۵	کیفیت زیاد	۱
۱/۱۵-۱/۸۱	کیفیت متوسط	۲
>۱/۸۱	کیفیت کم	۳

که در آن: شاخص کیفیت خاک، CQI، شاخص کیفیت اقلیم و VQI،

شاخص حساسیت مناطق به بیابان‌زایی، SQI، شاخص کیفیت پوشش گیاهی می‌باشد.

جدول ۷- تیپ‌های ESAs (Shahriyari *et al.*, 2009)

دامنه ESAs	علامت	کلاس
>۱/۵۳	C3	بحرانی
۱/۴۲-۱/۵۳	C2	
۱/۳۸-۱/۴۱	C1	
۱/۳۳-۱/۳۷	F3	شکننده
۱/۲۷-۱/۳۲	F2	
۱/۲۳-۱/۲۶	F1	
۱/۱۷-۱/۲۲	P	مناطق دارای قابلیت تخریب در صورت عدم رعایت مدیریت بالقوه
<۱/۱۷	N	بی اثر

نتایج

برای ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی با استفاده از مدل ESAs پس از امتیازدهی به هریک از ۳ شاخص معرفی شده در این مدل، لایه اطلاعاتی مربوط به شاخص‌ها تهیه شده و در نهایت نقشه فعلی بیابان‌زایی تهیه گردید.

شاخص کیفیت خاک (SQI): نتایج حاصل از ارزیابی شاخص خاک نشان داد که شاخص کیفیت خاک در دو کلاس کیفیت زیاد و متوسط به ترتیب ۷/۶۴ و ۹۲/۳۶ درصد سطح منطقه را به خود اختصاص می‌دهند (جدول ۸).

شاخص کیفیت پوشش گیاهی (VQI): نتایج حاصل از

ارزیابی شاخص پوشش گیاهی نشان داد که این شاخص در سه کلاس کیفیت زیاد، متوسط و کم به ترتیب با درصد فراوانی ۷/۶۴ و ۱۷/۱۳ و ۷۵/۲۳ قرار می‌گیرد (جدول ۹ و شکل ۱۴).

شاخص کیفیت اقلیم (CQI): نتایج حاصل از ارزیابی

شاخص کیفیت اقلیم نشان داد که شاخص کیفیت اقلیم در سه کلاس کیفیت زیاد، متوسط و کم به ترتیب با درصد فراوانی ۷/۶۴، ۸۹/۶۴ و ۲/۷۲ قرار می‌گیرند (جدول ۱۰ و شکل ۱۵).

جدول ۸- وزن، مساحت و درصد فراوانی شاخص کیفیت خاک

کلاس کیفیت خاک	دامنه وزن	مساحت (ha)	درصد فراوانی
کیفیت زیاد	< ۱/۱۳	۳۲۱۸/۴۴	۷/۶۴
کیفیت متوسط	۱/۱۳-۱/۴۵	۳۸۹۱۶/۷۷	۹۲/۳۶
جمع		۴۲۱۳۵/۲۲	۱۰۰

جدول ۹- وزن، مساحت و درصد فراوانی شاخص کیفیت پوشش گیاهی

کلاس کیفیت پوشش گیاهی	دامنه وزن	مساحت (ha)	درصد فراوانی
کیفیت زیاد	۱ - ۱/۳	۳۲۱۸/۶	۷/۶۴
کیفیت متوسط	۱/۳-۱/۶	۷۲۱۶/۷۷	۱۷/۱۳
کیفیت کم	۱/۶-۲	۳۱۶۹۹	۷۵/۲۳
جمع		۴۲۱۳۵/۲۲	۱۰۰

جدول ۱۰- وزن، مساحت و درصد فراوانی شاخص کیفیت اقلیم

کلاس کیفیت اقلیم	دامنه وزن	مساحت (ha)	درصد فراوانی
کیفیت زیاد	< ۱/۱۵	۳۲۱۸/۴۳	۷/۶۴
کیفیت متوسط	۱/۱۵-۱/۸۱	۳۷۷۶۸/۶۱	۸۹/۶۴
کیفیت کم	> ۱/۸۱	۱۱۴۷/۸۴	۲/۷۲
جمع		۴۲۱۳۵/۲۲	۱۰۰

بیابان‌زایی، ۱۴/۴۰ درصد در کلاس شکننده و زیر کلاس F3 و ۲/۷۲ درصد در زیر کلاس C2 و ۷۵/۲۳ درصد سطح منطقه در کلاس C3 قرار گرفت (جدول‌های ۱۱ و ۱۲ و شکل ۱۶).

کلاس خطر ESAs: با استفاده از میانگین هندسی شاخص‌های ذکر شده کلاس خطر ESAs در منطقه مورد مطالعه در سه کلاس «غیر حساس»، «شکننده» و «بحرانی» قرار گرفت. به طوری که ۷/۶۴ درصد سطح منطقه بدون اثر

جدول ۱۱- واحدهای کاری و ESAI آنها

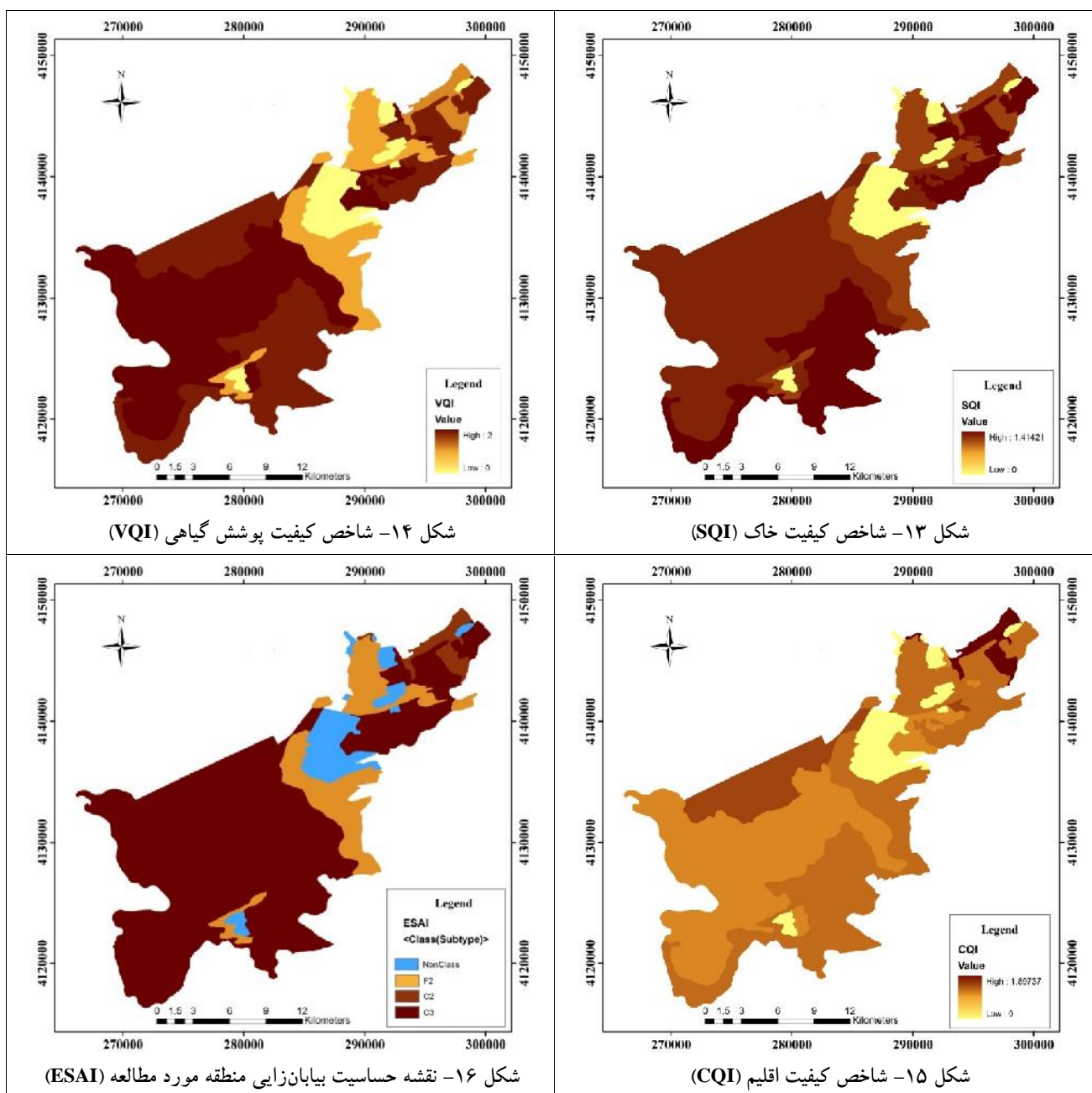
ESAI	واحد کاری	کد واحد کاری
۰	پهنه‌های آبی	۰
۱/۴۸	اراضی باتلاقی و ماندابی	۱
۱/۵۳	اراضی شور	۲
۱/۴۸	اراضی شور و ماندابی	۳
۱/۵۳	مراتع فقیر	۴
۱/۴	پهنه سیلابی با پوشش نیزار	۵
۱/۳۱	تپه‌های ماسه‌ای فسیل شده	۶
۱/۴۳	اراضی کشاورزی آبی	۷

جدول ۱۲- مساحت کلاس‌های خطر منطقه مورد مطالعه

کلاس	زیرکلاس	دامنه شاخص	گستره (ha)	درصد گستره (%)
غیر حساس	N	< ۱/۱۷	۳۲۱۸/۴۶	۷/۶۴
شکننده	F3	۱/۳۳ - ۱/۳۷	۶۰۶۹/۰۵	۱۴/۴۱
بحرانی	C2	۱/۴۲ - ۱/۵۳	۱۱۴۷/۸۴	۲/۷۲
	C3	> ۱/۵۳	۳۱۶۹۹	۷۵/۲۳
	جمع		۴۲۱۳۵/۲۲	۱۰۰
	کای اسکوتر		۵۸۰۰۵**	۱۳۶**

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

بر اساس آزمون آماری مربع کای (Chi square)، بین مساحت کلاس‌های خطر تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده شد.



بحث

همکاران (۲۰۱۰ و ۲۰۱۱) در منطقه نیاتک سیستان، Parvaneh (۱۳۸۸) در خراسان جنوبی و Giordano و همکاران (۲۰۰۲) در سیسیل ایتالیا با استفاده از مدل ESAs نیز نشانگر غالب بودن کلاس بحرانی در منطقه مورد مطالعه‌شان است. این مهم قابلیت تفکیک‌پذیری مدل ESAs را در مناطق مختلف نشان می‌دهد، همچنین بیانگر این مطلب است که مدل مذکور در مناطقی با وضعیت بحرانی و

نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین سطح منطقه مورد مطالعه (۷۵/۲۳ درصد) در کلاس بحرانی شدید (C3) قرار دارد و ۱۴/۴۰ درصد در کلاس شکننده (زیر کلاس F3) و ۲/۷۲ درصد در زیر کلاس C2 قرار دارد. نتایج گویای این مطلب است که قسمت اعظم منطقه (۷۷/۸۵ درصد) در کلاس خطر «بحرانی» قرار دارد. تحقیقات Parvari Asl و

- بعضاً خشک مورد استفاده قرار گرفته است. واحد کاری شماره ۴ (مراتع فقیر) به دلیل بافت سنگین و رسی و زهکشی نامناسب با بیشترین میزان ESAI (ESAI=۱/۵۳) به عنوان بحرانی‌ترین بخش منطقه شناسایی شد که نیازمند توجه بیشتری است. واحد کاری شماره ۶ (تپه‌های ماسه‌ای فسیل شده) با ارزش ۱/۳۰ به دلیل عمق کافی، زهکشی مناسب و پوشش مطلوب کمترین کلاس بیابان‌زایی را به خود اختصاص داده است. بر پایه بررسی کل شاخص‌های کیفیت محاسبه شده SQI CQI VQI شاخص کیفیت خاک با کسب بیشترین امتیاز به عنوان شاخص کلیدی مؤثر در فرایند بیابان‌زایی مشخص شد. مهمترین عوامل مؤثر در بیابان‌زایی منطقه، زهکشی ضعیف و بافت سنگین و رسی و فقر پوشش گیاهی است که باعث به وجود آمدن شرایط ماندابی و فقر پوشش گیاهی می‌گردد و با نتایج Zehtabian و همکاران (۱۳۸۸) مبنی بر مؤثر بودن بافت خاک در بیابان‌زایی همخوانی دارد. با توجه به این موضوع و همچنین قرار گرفتن منطقه در کلاس بحرانی بیابان‌زایی، پیشنهاد می‌گردد اقدامات اصلاحی مانند احداث زهکش در اراضی باتلاقی و کاشت گیاهان مقاوم به خاک‌های سنگین و شور همانند آتریپلکس (*Atriplex .sp.*)، از پیشروی فرایند بیابان‌زایی جلوگیری کرد.
- منابع مورد استفاده**
- مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام گرگان و دشت، ۱۳۷۴. مطالعات تفصیلی خاکشناسی و طبقه بندی اراضی ایستگاه تحقیقات مرتع اینچه برون گرگان. انتشارات سازمان جهاد سازندگی گرگان و گنبد. ص ۳۳.
- Adeel, Z. and De Kalbermatten, G., 2005. Ecosystems and human well-being: desertification synthesis. Millennium ecosystem assessment. Washington, DC: World Resources Inst., Island Press.
- Basso, F., Belloti, A., Faretta, S., Ferrara, A., Marino, G., Pisante, M., Quaranta, G. and Taberner, M., 1999, The Agri Basin In: MEDALUS project _ Mediterranean Desertification and Land Use. Manual on Key indicators of desertification and mapping Environmentally Sensitive areas to desertification, <ftp://ftp.fao.org.agl>.
- Brandt, C. J. and Thornes, J. B., 1996, *Mediterranean Desertification and Land Use*, John Wiley & Sons.
- Corrado, R., Cherubini, A.M., and Pennetta, C., 2014. Critical desertification transition in semi-arid ecosystems: The role of local facilitation and colonization rate, *Commun Nonlinear SciNumerSimulat*: 1-10.
- Crawford, R. M. M., 2008. *Plants at the margin, ecological limits and climate change*, Cambridge University Press.
- De Pina, T. J., Ferreira, A. J. D., Reis, E. A., Baptista, I., Amoros, R., Costa, L., Furtado, A. M. and Coelho, C., 2014. Appraising and selecting strategies to combat and mitigate desertification based on stakeholder knowledge and global best practices in Cape Verde archipelago. *Land Degradation and Development*, 25:(1): 45-57.
- Ekhtessassi, M. R. and Sepehr, A., 2011. *Methods and models of desertification assessment and mapping*. Yazd University Press, 286p.
- Elena Topa, M., Iavazzo, P., Terracciano, S., Adamo, P., Coly, A., De Paola, F., Giardano, S., Giugni, M. and Eric Traore, S., 2013. Evaluation of sensitivity to desertification by a modified ESAs method into two sub-Saharan peri-urban areas: Ouagadougou (Burkina Faso) and Saint Louis (Senegal). *Geophysical Research Abstracts*, 15, 84p.
- 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). *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 17 (4): 624-631.
- Feiznia, S., Gooya, A. N., Ahmadi, H. and Azarnivand, H., 2001. Investigation on desertification factors in Hossein-Abad Mish Mast plain and a proposal for a regional model. *Journal of Desert*, 6 (2): 1-14.
- Giordano L., Giordano, F., Grauso, S. and Iannita, M., Rossi, L., Sciortino, M. and Bonati, G. 2002, Identifying sensitive areas to desertification in Sicily, southern Italy. Enea Press, Rome, Italy: 27-47.
- Kosmas, C., Gerontidis, S. T., Detsis, V., Zafiriou, T. and Marathianou, M., 2002, Application of the MEDALUS methodology for defining ESAs in the Lesvos islsnd. European Commission, Capri, Italy, Milan.
- Kumar, M., Goossens, E. and Goossens, R., 1993. Assessment of sanddune change detection in Rajasthan Desert, India. *International Journal of Remote Sensing*, 14: 1689-1703.
- Parvaneh, H., 2009. Evaluating the current state of desertification in Southern Khorasan by using

- 21-36.
- Silakhori, E. 2014. Mapping of desertification hazard intensity based on soil index using ESAs methodology in Mazinan of Sabzevar. *Journal of Emergency Management*, 6 (2): 57-63.
 - Veron, S. R., Paruelo, J. M. and Oesterheld, M., 2006. Assessing desertification. *Journal of Arid Environments*, 66: 751-763.
 - Xu, D.Y., Kang, X. W., Zhuang, D. F. and Pan, J. J., 2010. Multi-scale quantitative assessment of the relative roles of climate change and human activities in desertification – A case study of the Ordos Plateau, China. *Journal of Arid Environments*, 74: 498-507.
 - Zehtabian, G. H. R. Jaffari, M., Movahedian, F. and Naeemi, M., 2010. Study in the affect of soil in desertification with the use of MEDALUS (Case study: Hable rood Catchment's). *Iranian Journal of Range and Desert Reseach*, 16 (4): 468-480.
 - Zehtabian, G. H. R. and Rafiei Emam, A., 2003. ESAs, a new method for assessment and mapping of areas sensitive to desertification. *Journal of Desert*, 8 (1): 120-126.
 - Zhao, H. L., Li, J., Liu, R., Zhou, R., Qu, H. and Pan, Ch., 2014. Effects of desertification on temporal and spatial distribution of soil macro-arthropods in Horqin sandy grassland, Inner Mongolia. *Geoderma*, 223-225: 62-67.
 - Medallus method. master thesis, Faculty of Natural Resources, Esfahan University.
 - Parvari Asl, S.H., Pahlavanravi, A. and Moghaddam Nia, A., 2010. Classification of Desertification Intensity using ESAs Model in Niyatak Region (Sistan, Iran), *Iranian Journal of Natural Resources*, 63(2): 149-163.
 - Parvari, H., Hosseini, S. M., Pahlevanravi, A., Moghaddam Nia, A. R. and Ekhtesasi, M. R., 2011. Comparison of ICD and ESAs models to desertification map in the Nyatk region of Sistan. *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 90: 42-54.
 - Parvari, S.H., Pahlavanravi, A., Moghaddam Nia, A.R., Dehviri, A., and Parvari, D., 2011. Application of methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification in dry bed of Hamoun wetland (Iran). *International Journal of Natural Resources and Marine Sciences*, 1 (1): 65-80.
 - Shahriyari, A., Parvari, S.H., and Behi, M.J., 2009. Preparation of desertification map by ESAs methodology. *Forest and Ranjeland*, 81:13-20. (In Persian).
 - Shahriyari, A., Hosseini, S. M., Ekhtesasi. M. R., and Fakhire, A., 2011. Assessment of land degradation in Sistan Region with emphasis on wind erosion. *Geography and Development Iranian Journal*, 20:

Desertification risk assessment of Incheh-broun area in Golestan Province using ESAs model

E. Silakhori¹, H. Niknahad Gharemakhor^{2*} and A. Aghatabai³

1- M.Sc. Student in Arid Zone Management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

2*-Corresponding author, Assistant Professor of Rangeland Management Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: hamidniknahad@yahoo.com

3- M.Sc. Student in Rangeland Management Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received:3/11/2016

Accepted:9/18/2016

Abstract

In order to develop a clear and realistic desertification control plan, identifying and evaluation of processes as well as causes and current status of desertification are the basic needs of arid zones. In present study, the desertification assessment of Incheh – broun area in Golestan province was performed using three indicators of ESAs model (soil quality, vegetation cover quality and climate quality). Therefore, the map of each indicator was obtained from the geometric mean of its layers. From the geometric mean of these indicators and by classification of obtained map, the desertification sensitivity map of the study area (ESAI) was obtained. Finally, the study area was classified in three classes [no sensitive (7.64%), fragile (14.41%) and critical (77.95%)]. The results demonstrated that poor drainage, heavy texture of soil, poor vegetation cover, besides climatic factor are the most important factors of desertification in the study area causing desert conditions. With regard to the results and in order to prevent the advance of desertification processes, the biological and mechanical land improvement techniques such as plantation of species resistant to heavy and saline soils and construction of drainage in water logging lands are recommended.

Keywords: Desertification risk assessment, ESAs, Incheh–broun, Golestan.