پژوهش های آبخیزداری شماره ۹۰، بهار ۱۳۹۰
(پژوهش و سازندگی)

بررسی مقایسه‌ای مدل های ICD و ESAs به منظور تهیه نقشه بیابان‌زایی در منطقه نیاتک سیستان

• **سید هدایت پروری**
دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
• **سیدمحمود حسینی**
عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان
• **احمد پهلوان روی**
استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل (نویسنده مسئول)
• **علیرضا مقدم نیا**
استادیار هیدرولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
• **علیرضا شهریاری**
دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
• **محمدرضا اختصاصی**
دانشیار،دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد
تاریخ دریافت: مهر ماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۸۹
تلفن تماس نویسنده مسئول:۰۹۱۵۵۴۴۲۳۳۷
Email: ahmad.pahlavanravi@gmail.com

چکیده

بیابان‌زایی[1] نتیجه یک سری فرایندهای مهمی است که دو عامل تغییرات اقلیمی و فعالیت های بشری جزء مهمترین این فرایندها می‌باشند. مناطق خشک و نیمه خشک سطح وسیعی از کشور را اشغال می کنند. منطقه سیستان به عنوان نمونه‌ای بارز از مناطق بیابانی کشور می‌باشد و فرسایش بادی از مهمترین عوامل تخریب و هدررفت خاک در این منطقه به حساب می‌آید، از این رو، پهنه بندی خطر بیابان‌زایی با استفاده از دو مدل ICD[2] و مدل ESAs[3] مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این کار ابتدا عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی با توجه به شرایط منطقه شناسایی شده و با استفاده از جداول مربوطه مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به شرایط منطقه، مشخص شده که چهار عامل پوشش گیاهی، خاک، اقلیم و مدیریت کاربری اراضی از جمله عوامل اصلی موثر بر این فرایند می‌باشند. نتایج بدست آمده از دو روش ارزیابی انجام شده نشان می‌دهد که روش ICD شدت بیابان‌زایی منطقه را در چهار طبقه آرام (۶۲۵/۶ هکتار معادل ۱۳درصد کل منطقه)، متوسط (۱۵۰۲/۷ هکتار معادل ۳۲درصد از کل منطقه)، زیاد (۱۹۶۲/۳ هکتار معادل ۴۰/۷درصد کل منطقه) و طبقه شدید (۷۳۰/ هکتار معادل ۱۵/۲درصد کل منطقه) طبقه‌بندی کرده و روش ESAs منطقه مورد مطالعه را فقط در طبقه بحرانی قرار داده است. بطوری که ۶۸ درصد از منطقه در زیر طبقه بحرانی شدید C۳، کمتر از ۱ درصد از منطقه در طبقه بحرانی متوسط C۲ و ۳۱ درصد از منطقه در زیر طبقه بحرانی کم C۱ قرار دارد. با توجه به شرایط منطقه نتایج ارائه شده در روش ICD که در بالا ذکر شده‌اند چندان با واقعیت مطابقت نداشته زیرا در این روش محدوده‌هایی از منطقه در طبقه‌های غیر حساس یا آرام طبقه‌بندی شده اند. اما همانطور که مشخص است و در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده می‌باشد، در نقشه تهیه شده از روش ESAs، منطقه کاملاً در زیرطبقه های بحرانی طبقه‌بندی شده و با شرایط طبیعی منطقه کاملاً مطابقت دارد.

کلمات کلیدی: بیابان‌زدایی، بیابان‌زایی، نقشه بیابان‌زایی، مدل ESAs و ICD

www.SID.ir

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 90 pp: 42-54

Comparison of ICD and ESAs models to desertification map in the Nyatk region of Sistan

By: H. Parvari, MSc Student in Combat Desertification, Faculty of Natural Recourse, University of Zobol, Hosseini S.M. Member of Young Research Club Islamic Azad University Arsanjan Branch, A. Pahlavanravi, Assistant Professor, Faculty of Natural Recourse, University of Zobol, (Corresponding Author; Tel: +989155442337) A.R. Moghaddam Nia, Assistant Professor of Hydrology, Faculty of Natural Recourse, University of Zobol Shahriari A. Assistant Professor Faculty of Natural Resource University of Zabol, M. R. Ekhtesasi, Associate Professor, Faculty of Natural Recourse, University of Yazd.

Desertification is the consequence of a series of important processes which two factors of climate changes and human activities are the most important ones. Arid and semi-arid regions occupy the vast area of Iran. Sistan region is one typical sample of desert regions of Iran and wind erosion is the most important factor of land degradation and soil deterioration in this region. Hence two models of ICD and ESAs are used to evaluate desertification danger zoning. For this purpose, at first, factors affecting desertification are identified by noting the region conditions and evaluated by using the relevant tables. By noting the region conditions, it became known that four factors of vegetation, soil, and climate and land use management are the primary factors affecting desertification process. The results obtained from these two models indicate ICD model classify desertification intensity in four classes of mild, and medium, high, and intensive totally occupied 13% (625.6 ha), 32% (1502.7 ha), 40.7% (1962.3 ha), and 15.2% (730 ha), respectively. In addition, ESAs model classifies the region in critical class only, so that 68% of the region is placed in intensive critical sub-class (C3), less than 1% in medium critical sub-class (C2), and 31% in low critical sub-class. By noting the region conditions, the obtained results from ICD model, do not have conformity with reality, because the limits of the region have been classified in insensitive or mild classes. But as it is known and observable in the study area, in the map prepared by ESAs model, the region is completely classified in critical sub-classes that have absolute conformity with the natural conditions of the region.

Keywords: Desertification, Desertification, Desertification map, ICD Model, ESAs model.

Archive of SID

مقدمه

بیابان‌زایی عبارت از تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب در اثر فعالیت‌های انسانی و تغیرات اقلیم است. در حال حاضر بیابان‌زایی به عنوان یک معضل جدی دامنگیر بسیاری از کشورهای جهان می‌باشد. توجه به مقوله بیابان‌زدایی برای کشوری همچون ایران که ۴۳ میلیون هکتار، معادل یک چهارم وسعت آن را بیابان فراگرفته، ضرورتی انکارناپذیر است. از این مساحت اراضی بیابانی، شش میلیون هکتار وضعیتی بحرانی داشته با این وجود تنها دو میلیون هکتار از این اراضی تاکنون مهار شده. از آنجا که پیدایش بیابان‌های طبیعی ایران ناشی از اثر مشترک و متقابل عوامل محیطی از جمله زمین‌شناسی، هیدرولوژی، ژئومرفولوژی، اقلیم، پوشش گیاهی و خاک می‌باشد، لذا در تعریف بیابان باید ویژگی‌هایی از این پارامتر مد نظر قرار گفته شود. حد نهایی میانگین بارندگی سالانه این مناطق به ۲۰۰ میلیمتر نمی‌رسد این مقدار در برخی از مناطق مرکزی ایران حتی کمتر از ۹۰ میلیمتر است. در این مناطق ضریب تغییرات بارندگی بیش از ۴۰ میلیمتر، ضریب بی‌نظمی بارش بیشتر از ۱۳ میلیمتر و میزان تبخیر عموماً بیش از ۲۰۰۰ میلیمتر است و در مناطقی مانند یزد و سیستان و بلوچستان این میزان به بیش از ۳۰۰۰ میلیمتر در سال نیز می‌رسد. مشکل اساسی این عرصه‌ها فرسایش بادی بوده که باعث تخریب اراضی در این مناطق می‌شود، فرسایش بادی در مناطق بیابانی دارای شدت بیشتری می‌باشد و با قدرت زیادتری منجر به تخریب اراضی می‌گردد. در ایجاد فرسایش بادی و تخریب حاصل از آن عوامل چندی از جمله شدت و مدت وزش باد، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، توپوگرافی منطقه، وضعیت پوشش گیاهی و غیره دخالت دارند که کلیه آنها در ارتباط با هم بوده و تواماً منجر به افزایش یا کاهش شدت فرسایش بادی در یک منطقه می‌گردد. با توجه به شرایط موجود، منطقه مورد مطالعه با دارا بودن شرایط فوق به عنوان کانون بحرانی در منطقه سیستان به حساب می‌آید، لذا با شناسایی عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی منطقه سعی شده تا با توجه به شرایط موجود مدلی مناسبی به منظور برآورد میزان شدت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه طراحی شود. مدل‌های زیادی به منظور برآورد میزان شدت بیابان‌زایی در سراسر دنیا مورد ارزیابی قرار گرفته شداند که از این میان می‌توان موارد زیر را نام برد: کمیسیون اروپا اقدام به تحقیقی جامع در این زمینه نمود و پروژه‌ای تحت عنوان MEDALUS [۴] را معرفی کرد که در نهایت در سال ۱۹۹۹ به نام مدل ESAs، برای تهیه نقشه بیابان‌زایی، ارائه گردید(Kosmas و همکاران ۱۹۹۹). بررسی حساسیت اراضی به تخریب با استفاده از مدل ESAs در جنوب غرب اسپانیا به وسیله Lavado و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد که در این تحقیق مشخص گردید ، نقشه بیابان‌زایی تهیه شده طی این تحقیق نسبت به سایر مدل‌ها بهتر و با شرایط طبیعی سازگارتر می‌باشد. Asma

www.SID.ir

و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی وضعیت فعلی و گرایش فرایند بیابان‌زایی در غرب آسیا به این نتیجه رسیدند که سیاست اشتباه مدیریت منابع از جمله چرای شدید، بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع آب و اراضی و جنگل تراشی از جمله عوامل اصلی تخریب در منابع و توسعه فرایندبیابان‌زایی می باشند. محققین در بررسی اثرات تغیرات کاربری اراضی و پوشش سطح روی تخریب منابع در حوزه‌های آبخیز دریاچه کینگ‌های در چین به این نتیجه رسیدند که حوضه نام برده شدیداً آسیب پذیر و حساس به تغیرات اقلیم و مداخله‌های انسانی است. با بررسی دوره زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۴ مشخص شده که روند تخریب اراضی رو به افزایش بوده و عوامل اصلی به طورکلی نتیجه فعالیت‌های انسانی از جمله افزایش جمعیت، چرای بیش از حد مجاز و سیاست غلط بکار برده شده در بهره‌برداری از منابع می‌باشد(Li و همکاران ۲۰۰۹). Laura و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از داده های سه ساله برداشت میدانی برای بررسی سرعت آستانه فرسایش بادی به عنوان یک عامل کلیدی فرسایش خاک با در نظر گرفتن تغیرات 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. Zhu و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از سامانه GIS و شبکه فازی توانستند نقشه فرسایش خاک را با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ برای منطقه‌ای از چین طراحی کنند. در این تحقیق منطقه در شش گروه طبقه‌بندی شده که شامل طبقه‌های غیر حساس تا شدیداً بحرانی می‌باشد. Brunner و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی فرسایش خاک در اوگاندای جنوبی با استفاده از مدل WEPP با تأکید بر فرسایش آبی به این نتیجه رسیدند که خصوصیات خاک متأثر از توپوگرافی منطقه بوده و این ویژگی تأثیر مهمی بر روی فرایند فرسایش خاک دارد. همچنین نشان دادند که بخش محدب و پشت شیب حساس‌ترین بخش دامنه به فرسایش می‌باشد. ارزیابی شوری‌زایی و ارتباط آن با فرایند بیابان‌زایی در هند به وسیله Singh (۲۰۰۹) به انجام رسیده و نتایج نشان داده است که مشکل شوری‌زایی در ۶/۷۳ میلیون هکتار از اراضی گسترش دارد و همچنین نشان داده که ۳۰ تا ۸۴ درصد آب‌های زیرزمینی شمال غرب هند شور و مناسب آبیاری اراضی زراعی نیست.

زهتابیان و رفیعی امام (۱۳۸۲) با بررسی و تهیه نقشه بیابان‌زایی با استفاده از مدل ESAs در منطقه ورامین به این نتیجه رسیدند که این ارزیابی ضمن کارایی مدل پیشنهادی، مدیریت کاربری اراضی را به عنوان عامل اصلی بیابان‌زایی در منطقه مشخص می کند. فلاح مهنه (۱۳۸۳) با بررسی دو روش فائو-یونپ (FAO-UNESCO, ۱۹۷۷) و اختصاصی-مهاجری (۱۳۷۴) به منظور پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی در منطقه مه‌ولایت(تربت‌حیدریه) به این نتیجه رسیدند که تفاوت معنی داری میان نتایج حاصله از دو روش وجود ندارد و در هر دو روش مورد ارزیابی بیشترین درصد از منطقه در طبقه متوسط قرار دارد. احمدی و همکاران (۱۳۸۶) با برآورد و مقایسه پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی و آبی با استفاده از مدل های IRIFR.E.A [۵] و MPSIAC [۶] در منطقه نیمه خشک حوزه آبخیز نعمت آباد بیجار به این نتیجه رسیدند که مدل IRIFR.E.A از لحاظ کمی و کیفی دقت مناسبی دارد و به لحاظ کمی فرسایش بادی ۲۲/۶ درصد و فرسایش آبی ۷۷/۴ درصد در کاهش حاصلخیزی اراضی موثر است. مقدار کل رسوب حوضه مطالعاتی ۹/۷ تن در هکتار در سال است که ۲/۲ تن در هکتار به وسیله فرسایش بادی ۷/۵ تن در در هکتار در سال به وسیله فرسایش آبی صورت می‌گیرد. سادات فیض نیا و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی و آب و هوایی در تولید رسوب ناشی از فرسایش سطحی خاک‌های لسی با استفاده از تصویر ماهواره ای LANDSAT سنجنده TM در استان گلستان به این نتیجه رسیدند که نرخ رسوب‌زایی در خاک‌های لسی مناطق خشک به طور محسوس بیش از خاک‌های لس مناطق معتدل تا مرطوب است. اختصاصی و همکاران (۱۳۸۵) با اندازه‌گیری و تهیه نقشه جریان ماسه بادی به روش نصب تله‌های رسوب‌گیر در منطقه یزد اردکان به این نتیجه رسیدند که، محدوده مرکزی دشت یزد، به ویژه محدوده تپه های ماسه‌ای، دبی جریان حمل ماسه بیشتر از سایر نقاط است و اغلب بیش از ۱۷۵۰ کیلوگرم در واحد عرض یک متر در سال می‌رسد. نتایج اندازه گیری‌های بیانگر این واقعیت می‌باشد که بیشترین میزان حمل رسوب در دشت یزد از قطاع غربی تا جنوب غربی است، در حالی که بادهای غالب و گاه طوفانی از قطاع شمال غرب تا غرب می‌وزند. در این تحقیق برای این کار دو مدل ICD و ESAs انتخاب شده و کارایی این دو مدل مورد ارزیابی قرار گرفته است. روش‌های زیادی برای برآورد و تهیه نقشه بیابان‌زایی وجود دارد. بر اساس بررسی منابع موجود دو روش فوق برای این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفتند. با مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی دو روش مذکور با شرایط طبیعی منطقه بهترین روش برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی برای منطقه مورد مطالعه انتخاب خواهد شد. بدین منظور بعد از تهیه نقشه بیابان‌زایی منطقه بر اساس دو روش فوق از منطقه بازدیدهایی به عمل می‌آید و با مقایسه نقشه و شرایط طبیعی منطقه، روشی که نتیجه آن با شرایط طبیعی مطابقت بیشتری داشته باشد، به عنوان روش مناسب به منظور تهیه نقشه بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه معرفی می‌شود. لذا در این تحقیق سعی بر آن شده تا عوامل موثر بر روند بیابانی شدن این عرصه بر اساس روش‌های پیشنهادی شناسایی و به منظور مشخص شدن وضعیت آن اقداماتی به انجام رسد. طبقه‌بندی و تعیین شدت بیابان‌زایی در ایران که به عنوان سرآمد برنامه‌های اجرایی بیابان‌زایی در جهان مطرح است، ضروری به نظر می‌رسد. لذا بر اساس نیازهای مطالعاتی و ساختار محیطی و اقتصادی- اجتماعی حاکم بر منطقه سیستان ابتدا دو روش نسبتاً جامع و گام به گام با دخالت کلیه عوامل موثر بر بیابانی شدن اراضی این منطقه انتخاب گردید و سپس در مساحتی بالغ بر ۴۸۲۰ هکتار مورد بررسی و آزمون قرار گرفت.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

انتخاب منطقه مورد مطالعه با توجه به وضعیت نا مناسب اراضی، خصوصیات ژئومورفولوژیکی و ویژگی‌های طبیعی آن صورت گرفته است. منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی طول‌های ″۳۳ ′۳۶ °۶۱ تا″۵۶ ′۴۱ °۶۱ شرقی و عرض‌های ″۵ ′۵۹ °۳۰ تا ″۲۳ ′۷ °۳۱ شمالی قرار گرفته است. این محدوده با وسعتی بالغ بر ۴۸۲۰ هکتار در شمال شرق دشت سیستان واقع شده است. از نظر اقلیمی دشت سیستان در بیشتر ماه‌های سال خشک می‌باشد. بر اساس آمار هواشناسی متوسط بارندگی سالانه ۶۲/۸۴ میلیمتر و متوسط درجه حرارت سالانه ۲۱/۸۲ درجه سانتی گراد می‌باشد. با توجه به درجه حرارت بالای سیستان میزان تبخیر از سطح آب حدوداً به ۴۷۰۰ میلی متر در سال می‌رسد که چیزی حدود ده برابر میزان بارندگی بوده لذا

Archive of SID

این امر باعث خشکی بیش از اندازه در این منطقه شده.

مواد و روش‌ها

در تحقیق پیش رو سعی شده که دو روش از روش‌های نام برده در فوق مورد ارزیابی قرار گرفته شـوند و کارایی آنها مورد بررسی قرار گیرد که در زیر بطور مختصر توضیح داده شده است:

روش ICD

مدل ICD طی چند مرحله قابل بررسی می‌باشد. در مرحله اول نوع محیط بیابانی تفکیک و تعیین می‌گردد، در مرحله دوم به کمک مطالعات پایه، بررسی صحرایـی و امتیازدهی، عوامل موثر در بیابان‌زایی به صورت ترازوی وزنی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، مرحله سـوم برآورد شدت بیابان‌زایی اراضی به کمک دو شـاخص موثر در تعیین شـدت بیابان‌زایی شامل شدت فرسایش و رسوب‌دهی اراضی و امکان برگشـت‌پذیری و بازسـازی اکوسیسـتم بیابانی بر اساس چهار سـطح مختلف امتیازبندی شـده و در پایان بر اساس جمع کل امتیازات کسب شـده، شـدت بیابان‌زایی در طبقه های مختلف طبقه‌بندی می‌شود. طبق این روش عوامل موثر در بیابان‌زایی به صورت گام به گام مورد بررسـی قرار گرفته و با رعایت اثرات متقابل آنها امکان ارزیابی نسـبتاً دقیق و آسـان را امکان پذیر می‌نماید. روش به کار گرفته شده شامل مراحل زیر می‌باشد:

تعیین و تفکیک نوع محیط‌های بیابانی

در ایـن مرحله بـه کمک مطالعات پایه اعم از نقشـه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی، نقشه تیپ‌های گیاهی کلیه چشم اندازهای طبیعی و نهایتاً محیط‌های اصلی بیابانی تفکیک و علامت گذاری می‌شوند، برای این کار ابتدا محدوده منطقه را روی عکس‌های هوایی مشـخص کرده و با استفاده از پردازش چشمی به وسیله استریوسکوپ واحد های همگن را جدا کرده و به همراه نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی، نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه را بدست آورده و با ترکیب نقشه رخساره بدست آمده با نقشه تیپ گیاهی نقشه واحدهای کاربری اراضی طراحی می‌شود.

تعیین عوامل اصلی و فرعی موثر در بیابان‌زایی

بـرای این کار برخی از زیر معیارها از جمله عوامل مدیریتی، پوشـش گیاهـی و فرسـایش بادی به صـورت کیفی با نظر کارشناسـی امتیازدهی شـده و برخی از عوامل اعم از بافت خاک درصد پوشـش گیاهی و غیره با اسـتفاده از نمونه‌برداری و عملیات آزمایشـگاهی ارزیابی شده‌اند. به منظور ارزیابی عامل خاک ابتدا با توجه به وضعیت منطقه به تعداد لازم پروفیل در بخش‌های مختلف منطقه (کاربری اراضی) حفر می-شود. در این قسمت با توجه به یکنواخت بودن خـاک در واحدهای کاری مختلف تنها به حفر دو پروفیل در هر واحدکاری اکتفا شـده و نمونه‌های برداشته شده از لایه‌های مختلف خاک به آزمایشـگاه منتقل داده شـده و عملیات آزمایشـگاهی در آزمایشـگاه صورت گرفت. مطالعه پوشـش گیاهی بسته به هدف مورد نظر شـامل مطالعات کاربـردی بوده که در برنامه‌های مدیریـت مراتع و اراضی انجام آنها ضروری است. پوشش گیاهی عبارت است از سطحی از زمین که به وسـیله اندام‌های هوائی گیاه پوشـیده شده و آن را از ضربات باران حفظ می‌کند. پوشـش شـاید تنها پارامتری باشد که با مقیاس بسیار وسیع مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. میزان پوشـش می‌تواند به عنوان ضریبی یا معادلی از تراکم نسبی گونه‌ها به منظور مقایسه در برداشت در زمان‌های و مکان‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی روش‌های فراوانی ابداع شـده که هر روش در مطالعه یک نوع پدیده معین و در تیپ پوشش گیاهی بخصوصی و با توجه به هدف مورد مطالعه نتیجه بهتری ارائه می‌دهد. روش مورد استفاده در این تحقیق به منظور مطالعه پوشش گیاهی روش کوادرات می‌باشد که در زیر مختصراً توضیح داده می‌شود.

روش کوادرات

کوادرات یا پلات عبارت اسـت از سـطحی محدود برای نمونه برداری گیاهان و سـایر ظواهر مرتع مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد. پلات می‌تواند به شـکل مربع، مسـتطیل و دایره باشـد که در این تحقیق از شکل مستطیل استفاده شده چرا که با سطح ثابت در طول بیشتری نسبت به مربع و دایره، ظواهر مرتع را نشان دهد و درصد انحراف آن کمتر است (Risser، ۱۹۸۴). اندازه پلات در برداشت آمار تأثیر می‌نماید. با افزایش سطح میزان دقت بالا رفته ولی زمان لازم نیز افزایش می‌یابد. از طرف دیگر اندازه گیری با تعداد بیشـتر پلات کوچک با توجه به عدم پراکنش یکنواخت گونه‌ها در سـطح نتیجه بهتری ارائه می‌دهد. اندازه پلات رابطه مستقیم با نوع و میزان پوشش محـل مورد مطالعه دارد. با توجه به پوشـش غالب منطقه مورد مطالعه که شامل گونه‌های تاغ، گز و آتریپلکس و غیره می‌باشد، سطح پلات معادل دو برابر بزرگترین گونه گیاهی و درختی منطقه در نظر گرفته شده. در نهایت بر اساس مطالعات انجام شده در منطقه مورد مطالعه تعداد ۱۰ پلات در هر واحد کاری به منظور ارزیابی عامل پوشش گیاهی در نظر گرفته شد.

برآورد شدت بیابان‌زایی اراضی

در این مرحله بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعات پایه و بازدیدهای صحرایی به عمل آمده از واحدهای کاری به شش عامل موثر در بیابان‌زایی(سـه عامل موثر طبیعی و سه عامل موثر انسـانی)، بر اساس جداول تجربی امتیازی تعلق گرفته شده (جدول ۱). به دلیل اینکه اشکال و شدت فرسایش و امکان برگشت‌پذیری اکوسیستم می‌تواند در برآورد دقیق‌تر شدت بیابان‌زایی اراضی موثر باشـد، علاوه بر عوامل اصلی و فرعی انسـانی و محیطی این دو عامل نیز که به ترتیب با علامت s.e وd.d نمایش داده می‌شـوند بر اسـاس جـدول مبنا امتیازی به خـود اختصاص داده و در پایان بـا جمع امتیازات کسب شده از عوامل محیطی(E)، عوامل انسانی(A) و همچنین شاخص‌های بیابانی بیابان‌زایی(I)، کل امتیاز کسـب شـده برای هر واحد کاری به دست می‌آید. در نهایت با اسـتفاده از جدول طبقه‌بندی شـدت بیابان‌زایی(جدول ۲)، طبقه شدت بیابان‌زایی برای هر واحدکاری تعیین می‌گردد.

تهیه نقشه بیابان‌زایی

پس از ارزیابی هر یک از چشم اندازهای بیابانی(واحدهای کاری) عوامل موثر بر روند بیابان‌زایی در هر یک از چشم اندازهای بیابانی بر اساس جدول مربوطه امتیاز دهی شـده (جدول۱) و در ادامـه کلیه واحدهایی که دارای شـدت یکسـان هسـتند را در یک محدوده قرار داده و سـپس با توجه به نـوع محیط بیابانی و عومل اصلـی و فرعی موثر در بیابان‌زایی محدوده‌های کوچکتر تفکیک و مشخص می‌شوند.

Archive of SID

جدول۱- عوامل اصلی و فرعی غالب موثر در بیابانی شدن در مدل ICD

عوامل تخریب اراضی	طبقه بیابان‌زایی			
	خیلی شدید(۱۰-۷)	شدید(۷-۴)	متوسط(۴-۲)	ناچیز(۲-۰)
اقلیم	اقلیم فرا خشک بارندگی سالانه کمتر از ۷۰ - میلیمتر(در حال حاضر،عامل اصلی کاهش بیومس .(کمبود بارندگی است وقوع دوره خشکسالی متوالی و مکرر و تأثیر آن - .روی کاهش پوشش گیاهی (بیومس) شدید می باشد	- اقلیم خشک، بارندگی سالانه بیشتر از ۷۰ و کمتر از ۲۵۰ میلیمتر. - دوره خشکسالی نسبتاً زیاد و تأثیر منفی آن روی پوشش گیاهی و دیمزارها نسبتاً زیاد است.	- اقلیم نیمه خشک، بارندگی سالانه بیشتر از ۲۵۰ و کمتر از ۵۰۰ میلیمتر. - دوره خشکسالی محدود و تأثیر آن روی کاهش پوشش گیاهی و دیمزارها محسوس است.	- اقلیم نیمه مرطوب، بارندگی سالانه منطقه بیش از ۵۰۰ میلیمتر. - دوره خشکسالی و تأثیر آن در کاهش تولیدات گیاهی نامحسوس است.
ژئومورفولوژی	- مناطق کوهستانی و صخره ای با شیب بسیار تند و محدودیت شدید توپوگرافی برای استقرار گیاه و کاهش بیومس. - واحد سنگ شناسی بسیار حساس و املاح دار(مارن و شیل و نهشته‌های رسوبی حساس) با محدودیت شدید استقرار پوشش گیاهی و افزایش بیومس	- مناطق کوهستانی با دامنه نامنظم، توده سنگی، شیب ۱۰۰-۴۰ درصد، با محدودیت توپوگرافی استفاده مرتعی. - واحد سنگ شناسی نسبتاً حساس و املاح دار نهشته‌های رسوبی با محدودیت نسبتاً زیاد برای استقرار پوشش گیاهی و افزایش بیومس	- اراضی کوهستانی و تپه‌ماهوری با دامنه منظم و خاک دار، شیب بین ۴۰-۲۰ درصد، محدوددیت کشاورزی. - واحد سنگ شناسی نسبتاً حساس و املاح دار نهشته پایدار با محدودیت کم برای استقرار پوشش گیاهی و افزایش بیومس	- دشت دامنه‌ای تا سیلابی با شیب کمتر از ۲۰ درصد فاقد محدودیت توپوگرافی استفاده مرتعی، کشاورزی و جنگلداری. - واحد سنگ شناسی پایدار و مقاوم بدون محدودیت برای استقرار پوشش گیاهی و افزایش بیومس
منابع آب و خاک	- خاک فاقد رطوبت مناسب به منظور استقرار گیاه و اراضی پوشیده از تپه‌های ماسه‌های روان و فعال. - منابع آب و خاک بسیار شور و با خاک سنگین رسی(اراضی کویری، نمکی و رسی و سنگفرشی و....)	- خاک جوان و تحول نیافته با ذخایر رطوبتی محدود، تپه‌های واریزهای و رسوبات تثبیت نشده، مخروط افکنه جوان. - خاک و آب سطحی نسبتاً شور همراه با گونه‌های شور پسند، خاکهای گچی آهکی با ذخایر رطوبتی متوسط	- خاک نسبتاً تکامل یافته با ذخایر رطوبت مناسب. - خاک نسبتاً شور یا گچی، آهکی با ذخایر رطوبتی متوسط	- خاک تکامل یافته با ذخیره رطوبت بسیار مناسب. - فاقد محدودیت برای استقرار گیاه و افزایش بیومس. - منابع آب و خاک فاقد هرگونه محدودیت کیفی به منظور استقرار گیاه و افزایش بیومس
تخریب پوشش گیاهی	- وضعیت رویشگاه خیلی فقیر(تخریب یافته) - گونه‌های مهاجم بیش از ۵۰ درصد ترکیب گیاهی. – قطع بی‌رویه بوته‌ها و درختان در حال حاضر و یا در گذشته‌ای نه چندان دور - چرای بی‌رویه و چند برابر ظرفیت مرتع در حال حاضر - الگوی زراعتی و حتی احیا پوشش گیاهی نامناسب با شرایط منطقه و افت تولید نسبتاً زیاد	- وضعیت رویشگاه فقیر - گونه‌های مهاجم ۲۰- ۵۰درصد ترکیب گیاهی. – قطع بی‌رویه بوته‌ها و درختان زیاد و کاملاً محسوس - چرای بیش از حد ظرفیت و بدون برنامه - الگوی کشت در حال تغییر و غیر منطبق با شرایط منطقه	- وضعیت رویشگاه متوسط - گونه های مهاجم ۵- ۲۰درصد ترکیب گیاهی. – قطع بوته‌ها و درختان نسبتاً بیشتر از تولید سالانه - چرای بیش از حد ظرفیت و بدون کمی بیشتر از تولید سالانه - الگوی کشت با شرایط محیطی و پتانسیل های منطقه نسبتاً منطبق می‌باشد و افت تولید کم است	- مناطق بکر و دست نخورده مرتعی و جنگلی با وضعیت خوب تا عالی. -آثار بوته‌کنی و جنگل‌تراشی در آن دیده می‌شود. -چرای دام یا حیات وحش متعادل و یا کمتر از ظرفیت - الگوی کشت و مدیریت تولید منطبق با شرایط و پتانسیل‌های منطقه
تخریب منابع خاک و اراضی	- تبدیل غلط و بی‌رویه اراضی جنگلی و مرتعی به منظور کشاورزی و یا توسعه شهری بسیار شدید - شخم غلط و بی‌رویه خاک و آیش‌های طولانی مدت	- تبدیل غلط و بی‌رویه اراضی جنگلی و مرتعی به سایر کاربری‌ها توأم با کاهش بیومس و تولید طبیعی - شخم غلط و بی‌رویه خاک و آیش‌های نامناسب	- تبدیل اراضی و توسعه شهری منطبق با نیازها - شخم و تناوب زراعی نسبتاً خوب	- آثاری از تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به سایر کاربری‌ها دیده نمی شود
تخریب منابع آب(W).d	- افت شدید سطح آب زیر قشری به علت پمپاژ و مصرف بی‌رویه آب، بیش از ۲۰ سانتیمتر در سال - افت سطح آب زیرقشری در کاهش تولیدات مرتعی و کشاورزی بسیار موثر است. - شیوه های استحصال آبهای سطحی و آبیاری غلط و نامناسب با شرایط محیطی	- افت سطح آب زیرقشری نسبتاً زیاد، بین ۱۰- ۲۰ سانتیمتر در سال - افت سطح آب زیرقشری در کاهش تولیدات مرتعی و کشاورزی موثر بوده است. - شیوه‌های آبیاری و کنترل آبهای سطحی نامناسب، نیاز به کنترل و اصلاح دارد.	- افت سطح آب زیرقشری کمتر از ۱۰ سانتیمتر در سال - افت سطح آب زیرقشری در کاهش تولیدات مرتعی و کشاورزی نسبتاً موثر بوده است. - شیوه‌های آبیاری نسبتاً مناسب، ولی نیاز به کنترل و اصلاح دارد.	- افت سطح آب زیرقشری وجود ندارد. - منابع آب سطحی و زیرقشری به خوبی مدیریت می شوند. - شیوه‌های آبیاری و جمع‌آوری‌های سطحی کاملاً مناسب است.
فرسایش بادی و تخریب خاک	- آثار بادبردگی شدید همراه با رخساره کلوت و یاردانگ، نبکا، تپه ماسه‌ای فعال و تجمع شدید سنگریزه در سطح خاک.	- آثار باد بردگی زیاد همراه با رخساره کلوت و یاردانگ، نبکا پراکنده، تپه ماسه‌ای نیمه فعال و تجمع زیاد سنگریزه در سطح.	- آثار باد بردگی کم تا متوسط، بعضاً نبکا دیده می‌شود، تپه ماسه‌ای تثبیت شده، سطح خاک کاملاً سنگفرشی و پایدار.	- فاقد آثار فرسایش بادی
امکان بیابان زدایی	- بیابان‌زدایی(افزایش بیومس گیاهی)بسیار مشکل و غیر ممکن و غیر قابل توجیه اکولوژی- اقتصادی - عملیات بیابان‌زدایی انجام شده موفق نبوده	- بیابان‌زدایی به کمک عملیات میکانیکی و بیولوژیکی و با هزینه زیاد امکان پذیر است. - عملیات بیابان‌زدایی انجام شده نسبتاً موفق بوده	- بیابان‌زدایی به کمک عملیات میکانیکی و بیولوژیکی و با هزینه کم امکان پذیر است. -عملیات بیابان‌زدایی انجام شده موفق بوده است	- با اعمال مدیریت صحیح بیابان‌زدایی خود به خود صورت می‌گیرد. - نیازی به عملیات بیابان‌زدایی نداشته است.

پژوهش های آبخیزداری www.SID.ir

جدول ۲- طبقه بندی شدت بیابان‌زایی به روش ICD

شدت بیابان‌زایی	امتیاز	علامت
آرام	۰-۱۵	I
کم	۱۵-۳۰	II
متوسط	۳۰-۴۵	III
زیاد	۴۵-۶۰	IV
شدید	۶۰-۸۰	V

روش ESAs

روش ESAs از جدیدترین روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی می‌باشد. این روش در کشورهای اروپایی و بعضی کشورهای خاورمیانه به انجام رسیده و نتایج مثبت ارائه داده است. در این روش با توجه به تحقیقات و بازدیدهای بعمل آمده از منطقه داده‌های مربوط به عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی، که در این روش مواردی از قبیل: عامل اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و مدیریت کاربری اراضی شناخته شده و نقش عمده‌ای در تخریب اراضی منطقه دارند، شناخته شدند و با توجه به جدول مربوطه جدول ۴ مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت با میانگین‌گیری هندسی این شاخص‌ها به کمک سامانه GIS [۷] شاخص حساسیت ESAI [۸] محاسبه می‌شود. هر یک از شاخص‌های کیفی فوق (شاخص کیفیت خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت کاربری اراضی) با توجه به اثری که در بیابان‌زایی منطقه دارند ارزش دهی شده به طوری که دامنه امتیاز آنها بین ۱ (بهترین حالت) و ۲ (بدترین حالت) طبقه‌بندی‌بندی می‌شود. در نهایت با مقایسه شاخص بدست آمده با جدول مربوطه جدول ۳ طبقه‌های شدت بیابان‌زایی مشخص می‌شود.

لایه‌های مورد استفاده در روش ESAs

خاک

شاخص کیفیت خاک (SQI)[۹]، برای تهیه نقشه کیفیت خاک بر اساس دو پارامتر مقاومت خاک به فرسایش و نفوذپذیری خاک، استفاده می‌شود. این شاخص کیفیت می‌تواند با استفاده از خصوصیات خاک مانند: بافت خاک، نفوذپذیری، درصد سنگریزه، مواد مادری تشکیل دهنده خاک، عمق و شیب خاک ارزیابی شود. هر یک از موارد فوق با استفاده از جدول مربوطه جدول ۴ ارزیابی شده و با توجه به رابطه زیر امتیاز شاخص خاک اندازه‌گیری شده و با استفاده از جدول مربوطه جدول ۳ کیفیت خاک تعیین می‌شود.

شاخص کیفیت خاک

SQI = (نفوذپذیری × شیب × عمق × پوشش سنگریزه × مواد مادری × بافت)۱/۶

اقلیم

برای بدست آوردن شاخص کیفیت آب و هوا (CQI)[۱۰] از متوسط بارندگی و درجه حرارت سالانه منطقه مورد مطالعه استفاده شده. در ابتدا بر اساس متوسط بارندگی و درجه حرارت ماهانه منطقه مورد مطالعه، شاخص خشکی BGI [۱۱] با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده و سپس این شاخص به همراه عامل بارندگی بر اساس جدول مربوطه جدول ۴ ارزیابی شده و لایه رستری کیفیت اقلیم مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود و با استفاده از جدول مربوطه جدول ۳ طبقه‌بندی طبقه های کیفیت اقلیم تعیین می‌شود.

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

شاخص خشکی

Pi- متوسط بارندگی ماه i بر حسب درجه سانتیگراد؛

ti- متوسط درجه حرارت ماه i بر حسب درجه سانتیگراد؛ و

k- درصدی از ماه‌های سال که در آنها مقدار بارتدگی متوسط ماهانه، کمتر از دو برابر درجه حرارت متوسط ماهانه می باشد.

شاخص کیفیت آب و هوا

CQI = (شاخص خشکی منطقه × متوسط بارندگی سالانه)۱/۲

پوشش گیاهی

برای بدست آوردن شاخص کیفیت پوشش گیاهی (VQI)[۱۲] از میانگین هندسی امتیاز پارمترهای مربوط به پوشش گیاهی از جمله: درصد پوشش گیاهی، خطر آتش‌سوزی و توانایی رشد مجدد گیاه، حفاظت در برابر فرسایش خاک و مقاومت گیاه به خشکی با استفاده از جدول امتیازدهی استفاده شده (جدول ۴) و در ادامه بر اساس جدول شاخص کیفیت پوشش گیاهی (جدول ۳) طبقه های کیفیت پوشش گیاهی مشخص می‌شود. برای بدست آوردن عامل درصد پوشش گیاهی از شاخص NDVI استخراج شده از تصویر ماهواره ای LANDSAT سنجنده ETM+، ۷ May سال ۲۰۰۳ استفاده شده. این شاخص با اعمال رابطه زیر بر روی تصویر ماهواره‌ای میزان درصد پوشش گیاهی منطقه را نشان می‌دهد.

برای تهیه نقشه درصد پوشش گیاهی به روش زیر اقدام شد

نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش پلات اندازی صورت گرفته و همچنین شاخص NDVI با اعمال رابطه زیر بر روی تصویر ماهواره‌ای به صورت یک فایل رستری بدست می‌آید و در ادامه برای نقاطی که پلات انداخته شده عدد شاخص محاسبه شده از روی فایل رستری، استخراج می شود، با محاسبه رابطه رگرسیونی بین اعداد بدست آمده از درصد پوشش گیاهی نقاط پلات انداخته شده و اعداد شاخص NDVI مربوط به این نقاط و بدست آوردن R^2 (R^2 همبستگی) بین دو سری داده‌ها، در صورت رد یا قبول شدن این میزان با توجه به سطح اطمینان در نظر گرفته شده در این تحقیق (سطح اطمینان ۰/۸) به کار ادامه داده می شود. در ادامه با توجه به رابطه بدست آمده عدد شاخص را برای میزان درصدهای پوشش گیاهی مشخصی بدست آورده و با توجه به این داده‌های بدست آمده فایل رستری شاخص NDVI را طبقه بندی کرده، حاصل این مراحل

Archive of SID

نقشه درصد پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شـده تعیین درصد پوشش گیاهی بر اساس برداشت‌های میدانی انجام شده و با بکارگیری شاخص NDVI به کل عرصه تعمیم داده می‌شود.

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

شاخص NDVI

شاخص کیفیت پوشش گیاهی

VQI = (درصد پوشش × مقاومت به خشکی × محافظت در برابر فرسایش × خطر آتش سوزی)^1/4

مدیریت کاربری اراضی

ایـن پارامتر در واقع، تأثیر فعالیت‌های انسـانی را بـر بیابان‌زایی مورد بررسـی قرار می‌دهد. ارزیابی شاخص کیفیت مدیریت اراضی (MQI)[12] بر اسـاس دو پارامتر نوع کاربری اراضی و عملیـات مدیریتی در منطقه انجام می‌گیرد. عملیات مدیریتی بر اساس میزان درصد موفقیت طرح‌های اجرایی اعم از مالچ پاشی و درخت کاری اداره منابع طبیعی به منظور بهبود وضعیت منطقه همچنین نحوه شخم اراضی کشاورزی بر اساس نظر کارشناسی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ابتدا اراضی بر طبق نحوه استفاده از آنها تقسیم‌بندی شـده، برای این کار عمل طبقه بندی نظارت شـده، با اسـتفاده از تصویر ماهواره‌ای LANDSAT سنجنده ETM^+ ۷ May ۲۰۰۳ استفاده شده بعد از مشـخص نمودن کاربری اراضی پارامترهای نام برده شده در هر یک از کاربری‌ها با اسـتفاده از جدول مربوطه (جدول ۴)، امتیازدهی شـده و از روی هم گذاری لایه‌های رستری آنها، بر اساس رابطه مربوطه، لایه رستری کیفیت کاربری اراضی بدسـت می آید و با مقایسـه ارزش لایه بدست آمده جدول مربوطه جدول ۳، کیفیت مدیریت کاربری اراضی را محاسبه شده و در نهایت طبقات مدیریت کاربری اراضی مشخص می شود.

شاخص کیفیت کاربری اراضی

MQI = (عملیات مدیریتی × نوع کاربری اراضی)^1/2

نتایج

با توجه بررسی‌های میدانی نقشه کاربری اراضی طراحی شده که شامل هشـت رخسـاره اعم از تپه‌های بارخانی، دشت رسـی، اراضی کشاورزی، تپه‌های مالچ پاشـی شـده، نبکای دشت رسـی و تپه‌های ماسه‌ای، بستر رودخانه نیاتک، تپه‌های ماسه‌ای درخت کاری شده و اراضی حریم رودخانه نیاتک که در شکل زیر نمایش داده شده (شکل ۱). درصد مساحت مربوط به هر رخسـاره در جدول ۶ ارائه شـده. اسـت. در ادامه بعد از مشـخص شدن واحدهای همگن (نقشه کاربری اراضی) عوامل مورد نظر در هر واحد بر اسـاس جداول طراحی شـده مورد ارزیابی قرار گرفتـه و نتایج حاصل از ارزیابـی و امتیازدهی به شـاخص‌های مورد بررسـی در روش ICD در جدول زیر ارائه شـده جدول ۵، در نهایت با توجه به نتایج بدسـت آمده از مراحل قبل نقشـه وضعیت فعلی بیابان‌زایی با اسـتفاده از مدل ICD در منطقه نیاتک سیسـتان مطابق شـکل زیر بدست می‌آید (شکل ۲). توزیع طبقه شـدت بیابان‌زایی در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج بدست آمده از شـاخص در نظر گرفته شده جهت تخمین درصد پوشش گیاهی بر اساس میزان R^2 بدسـت آمده شـکل ۳، نتایج قابل قبول می‌باشد. بعد از ارزیابی عوامل موثر در تخریب اراضی با استفاده از جدول مربوطه در روش ESAs جدول ۴ که نتایج آن در شـکل و جدول زیر نمایش داده شده است شکل ۴ و جدول ۷. مرحله جمع‌بندی کیفیت‌های فیزیکی محیط(خاک، پوشش گیاهی، آب و هوا و کیفیت مدیریت کاربری اراضی) می‌باشد و طبق رابطه زیر با اسـتفاده از نرم افزار Arc GIS ۹/۲ با فرمت رسـتری محاسبه و در نهایت نقشـه شاخص حساسیت منطقه (نقشه بیابان‌زایی) بر اساس جدول مربوطه جدول ۸، طبقه بندی شده و در شکل ۵ نمایش داده می‌شود.

شاخص حساسیت به بیابان‌زایی ESAI

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

با توجه به نتایج بدست آمده از ارزیابی عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی در سامانه GIS، دامنه شاخص ESAI برای منطقه مورد مطالعه بین ۱/۳۸ تا ۱/۸۴ بدسـت آمده است. با مقایسـه شاخص محاسبه شده با جدول فوق (جدول ۸) مشـخص می‌شـود که منطقه مورد مطالعـه در طبقه تیپ‌های بحرانی قرار گرفته و نتایج حاصله در جدول نام برده شده مشاهده می‌شود.

جدول ۳- جدول ارزیابی کیفیت شاخص های مورد بررسی شده

شاخص	بالقوه	شکننده	بحرانی
SQI	<۱/۱۳	۱/۱۳-۱/۴۵	>۱/۴۶
VQI	۱/۱۵ <	۱/۱۵-۱/۸۱	<۱/۸۱
CQI	۱/۴<	۱,۴-۱,۷	۱/۷<
MQI	<۱,۲۵	۱,۲۵-۱,۵	۱,۵<

Archive of SID

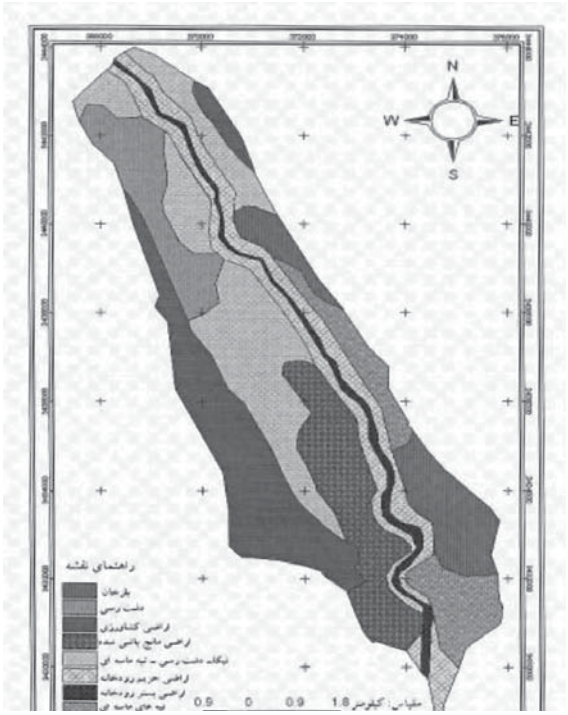
جدول ۴- عوامل موثر بر فرایند بیابان زدایی بر اساس روش ESAs

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 م	<۶	۱
		۶-۱۸	۱,۲
		۱۸-۳۵	۱,۵
		>۳۵	۲
	مواد مادری	شیل، شیست، بازیک،اولترابازیک وکنگلومرا	۱
		سنگ آهک، گرانیت،ریولیت و ماسه سنگ	۱,۷
		مارن و پیروکلاستیک	۲
	عمق خاک(cm)	عمیق (>۷۵)	۱
		متوسط (۷۵-۳۰)	۱,۲
		کم عمق(۳۰-۱۵)	۱,۶
		خیلی کم عمق(<۱۵)	۲
	سنگریزه سطحی ٪	٪۶۰<	۱
		۶۰ – ۲۰	۱,۳
		۲۰>	۲
پوشش گیاهی	خطر آتش سوزی	جنگل های همیشه سبز مخلوط با درختچه های همیشه سبز	۱
		جنگل های کاج همرام با علف های دائمی، درختچه های همیشه سبز و محصولات زراعی دائمی	۱,۳
		جنگل های خزان کننده	۱,۶
		محصولات زراعی خزان کننده	۱,۸
		گیاهان زراعی یکساله و دائمی	۲
	حفاظت خاک	زمین های بایر، گیاهان زراعی دائمی و یکساله	۱
		کشاورزی با گیاهان یکساله(علفی)، جنگل های همیشه سبز و درختان برگ ریز	۱,۳
		بوته زار و درختچه زار همیشه سبز	۱,۶
		جنگل های کاج	۲
	مقاومت به خشکی	جنگل ها و درخچه های همیشه سبز	۱
		درختن کاج و درختان خزان کننده	۱,۲
		درختان کشاورزی دائمی	۱,۴
		علفزار های دائمی	۱,۷
		گیاهان زراعی یکساله و گیاهان علفی یکساله	۲
	درصد پوشش	۴۰<	۱
		۱۰-۴۰	۱,۸
		۱۰>	۲
مدیریت کاربری	نوع کاربری	زمین های کشاورزی	۱
		زمین های مرتعی متراکم	۱,۳
		زمین های مرتعی کم تراکم	۱,۶
		زمین های بایر	۲
	عملیات مدیریتی	موفقیت طرح‌های اجرایی بیش از ٪۷۵ و شخم و تناوب زراعی خوب	۱
		موفقیت طرح‌های اجرایی بین ٪۲۵ تا ٪۷۵ و شخم غلط و تناوب زراعی خوب	۱,۵
		موفقیت طرح‌های اجرایی کمتر از ٪۲۵ و شخم غلط و بی رویه خاک و آیش‌های طولانی	۲
اقلیم	ساخص BGI	<۵۰	۱
		۵۰-۷۵	۱,۱
		۷۵-۱۰۰	۱,۲
		۱۰۰-۱۲۵	۱,۴
		۱۲۵-۱۵۰	۱,۸
		>۱۵۰	۲
	بارندگی	>۶۵۰	۱
		۲۵۰-۶۵۰	۱,۵
		<۲۵۰	۲

www.SID.ir

بحث و پیشنهادات

با توجه به ارزیابی عوامل مورد بررسی بر اساس روش ICD مشخص شده که واحد کاربری اراضی تپه‌های ماسه-ای (کد واحد کاری ۵) با کسب بیشترین امتیاز در بین رخساره‌های ژئومورفولوژی به عنوان بحرانی‌ترین بخش منطقه مورد مطالعه شناسایی شده، همچنین با توجه به نتایج بدست آمده از روش ESAs مشخص شده که عوامل محیطی در تمامی کاربری‌های اراضی با کسب بیشترین امتیاز (امتیاز برابر با ۲) به عنوان عامل اصلی تخریب شناسایی شده‌اند. همچنین واحدکاری اراضی شور و پف کرده همراه با رخساره نبکا با کسب بیشترین میزان ESAI (ESAI=۱/۸۴) به عنوان بحرانی‌ترین بخش منطقه شناسایی شد. بر اساس جدول ۶ که بیانگر نتایج حاصل از روش ICD می‌باشد، مشخص شده که منطقه مورد بررسی در چهار طبقه بیابانی کم، متوسط، زیاد و شدید واقع شده. بر اساس این روش عامل اصلی بیابان‌زایی در منطقه نیاتک سیستان بدون شک عامل محیطی می‌باشد چرا که در واحدهای کاری با کد ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ که مجموعا ۶۸/۸ درصد از سطح کل منطقه را شامل می‌شود، عامل محیطی به عنوان عامل اصلی بیابان‌زایی تشخیص داده شده. در بین عوامل محیطی اقلیم بیشترین تأثیر را در وقوع این سناریو داشته است. به واقع نیز این گونه است که با وقوع خشکسالی‌های اقلیمی و هواشناسی از یک سویه 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 دریاچه هامون (پوزک، صابری، هیرمند) بستر دریاچه تبدیل به منبعی غنی برداشت ماسه و در نهایت تبدیل اراضی کشاورزی به منطقه رسوبگذاری یا ارگ (ERG) گردد. با توجه به نتایج بدست آمده



شکل ۱- نقشه واحدهای کاری بدست آمده از منطقه مورد مطالعه به وسیله پردازش عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی، زمین شناسی و بازدیدهای به عمل آمده از منطقه

از روش ESAs (شکل ۵)، منطقه از نظر طبقه‌بندی بیابان‌زایی ESAs در طبقه بحرانی قرار دارد که به سه زیر طبقه تقسیم‌بندی می‌شود. با توجه به این نتایج مشخص شده که از کل مساحت منطقه حدود ۱۵۰۰ هکتار معادل ۳۱ درصد از کل منطقه جزء تیپ(C۱) یا منطقه بحرانی کم، ۳۶/۴ هکتار معادل کمتر از ۱ درصد از منطقه جزء تیپ (C۲) یا بحرانی متوسط و ۳۲۸۳/۶ هکتار معادل ۶۸ درصد از منطقه جزء تیپ (C۳) یا بحرانی زیاد می‌باشد. در نهایت با توجه به بازدیدهای به عمل آمده از منطقه مورد مطالعه و مقایسه شرایط طبیعی منطقه (به عنوان کانون بحرانی در سیستان بحساب می‌آید)، بر اساس نظر کارشناسی با نقشه‌های تهیه شده از دو روش فوق در سامانه GIS، مشخص شده که نتایج ارائه شده در روش ICD چندان با واقعیت مطابقت نداشته زیرا در این روش محدوده‌هایی از منطقه در طبقه‌های غیر حساس طبقه بندی شده که با بررسی بعمل آمده از منطقه با واقعیت مطابقت ندارد. اما همانطور که مشخص است و در منطقه قابل لمس می‌باشد در نقشه تهیه شده از روش ESAs، منطقه کاملاً در زیر طبقه های بحرانی واقع شده و با شرایط طبیعی منطقه کاملاً مطابقت دارد.

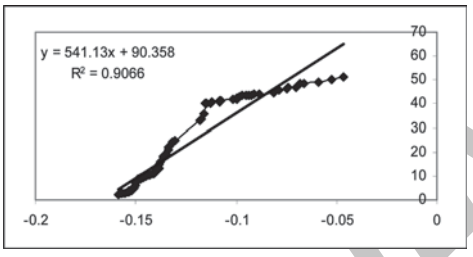
همانطور که از جداول امتیازدهی روش ESAs بر می‌آید، عامل شیب با کسب حداکثر امتیاز به عنوان یکی از عوامل اصلی پیشرفت فرایند بیابان‌زایی می‌باشد. همانطور که مشخص است مسطح و فاقد شیب بودن منطقه، شرایط را برای روند بیابانی‌شدن اراضی مستعد می‌نماید به این صورت که باد بدون هیچ مانعی به مسیر خود ادامه داده و در طی مسیر به سرعت آن افزوده می‌شود. با توجه به این نکته مشخص می‌شود که عامل شیب به عنوان یکی از عوامل کلیدی روند بیابانی شدن منطقه می‌باشد. همچنین عوامل دیگر خاک اعم از بافت خاک، عدم وجود سنگریزه سطحی، در واقع سنگ و سنگریزه به عنوان پوشش حفاظتی خاک به حساب آمده و نقش عمده‌ای در کاهش فرسایش و شدت بیابان‌زایی دارد. در این منطقه عدم وجود سنگ و سنگریزه سطحی باعث شده تا منطقه نسبت به فرایند بیابان‌زایی حساسیت بیشتری نشان دهد و از طرف دیگر بافت و مواد مادری خاک نیز به عنوان دو عامل تعیین کننده در بیابانی شدن به حساب می‌آیند.

به علت عوامل مخرب روی پوشش گیاهی از جمله چرای شدید و برداشت‌های بی رویه، 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 طوریکه آثار و شواهد باقیمانده از جنگل‌های گز (*Tamarix stricta*) و نی‌زارهای انبوه و چمن‌زارهای فصلی (*Aeluropus littorallis*) مشاهده می‌شود. این واقعیت نشانگر آن است که در گذشته کلیماکس منطقه مورد مطالعه را گونه‌های فوق تشکیل داده و بر اثر مدیریت غلط از بین رفتند. در حال حاضر 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. در نهایت وضعیت اقلیم منطقه با توجه به داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زابل، شرایط را در تمامی بخش‌های منطقه مستعد فرایند بیابان‌زایی نموده، به گونه‌ای که این عامل به عنوان مهمترین عامل محدود کننده منطقه به حساب می‌آید. با توجه به بررسی به انجام رسیده در این تحقیق باید روش

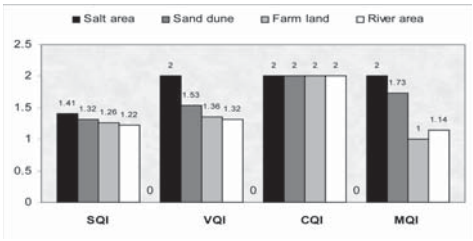
Archive of SID

جدول ۵- نتایج حاصل از ارزیابی عوامل و شدت بیابان زایی به روش ICD در منطقه نیاتک سیستان

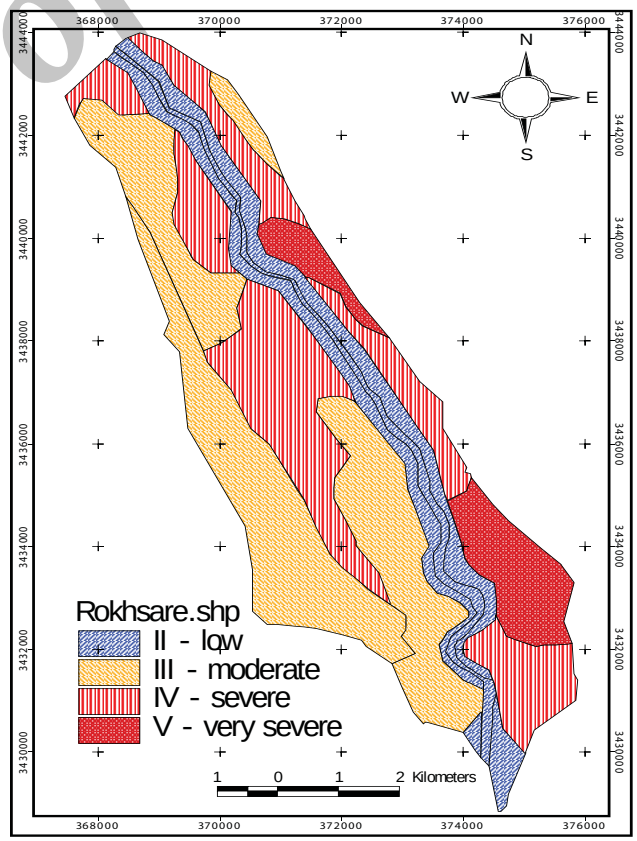
واحد کاری	ارزش کمی عوامل محیطی	ارزش کمی عوامل انسانی	ارزش کمی شاخص‌های بیابان‌زایی	ارزش کمی شدت بیابان‌زایی
۱	۱۳/۵	۱۸	۶	۳۷/۵
۲	۱۸/۵	۱۶	۹	۴۳/۵
۳	۱۳	۱۰/۵	۵/۵	۲۹
۴	۲۱/۷۵	۲۱	۵/۵	۴۸/۲۵
۵	۲۱/۵	۲۰/۵	۱۶/۵	۵۸/۵
۶	۱۳	۸/۵	۸	۲۹/۵
۷	۱۷	۱۶/۵	۵	۳۸/۵
۸	۱۹/۷۵	۱۹	۱۴/۵	۳۵/۲۵



شکل ۳- نتایج ارائه شده از محاسبات آماری بین دو سری داده پوشش گیاهی و شاخص NDVI

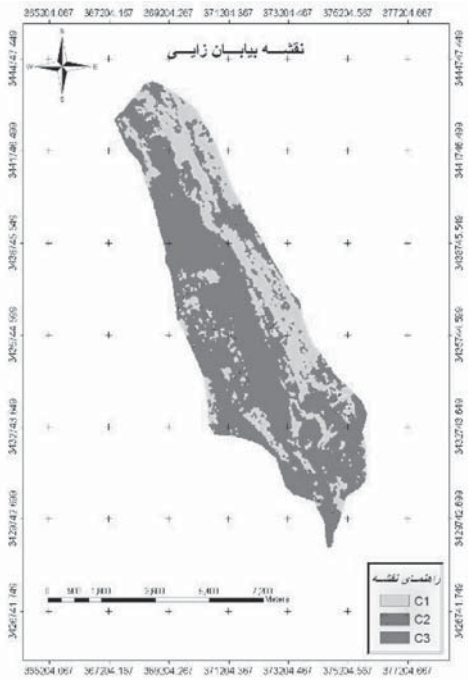


شکل ۴- نتایج حاصل از ارزیابی عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی با استفاده از بازدیدهای بعمل آمده از منطقه



شکل ۲- نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی به روش ICD در منطقه نیاتک سیستان

Archive of SID



شکل ۵- نقشه طبقه های بیابان‌زایی بدست آمده از روش ESAs منطقه نیاتک سیستان

پیشنهاد شده (روش ESAs) در طرح، بر اساس معیارها و شاخص‌های موثر بر فرایند بیابان‌زایی در سایر نقاط کشور با اقلیم‌های مختلف، بکار رود تا نقاط قوت و ضعف آن بیشتر آشکار شود.

با مقایسه نتایج بدست آمده از تحقیقات به انجام رسیده در نقاط مختلف دنیا که از این جمله می‌توان به مواردی از جمله: تحقیقات Lavado و همکاران(۲۰۰۷) در جنوب غرب اسپانیا، عادل سپهر و همکاران(۱۳۸۵) در جنوب ایران و غلامرضا زهتابیان و عمار رفیعی امام(۱۳۸۲) در دشت ورامین اشاره نمود، با نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان به این نتیجه رسید که روش بکار رفته در این تحقیق بر خلاف روش‌های دیگر برای محاسبه شاخص بیابان‌زایی از میانگین هندسی امتیازهای استفاده شده و نتیجه بهتری را ارائه داده. همچنین مولفه های این روش نسبت به روش‌های دیگر ساده‌تر بوده و تمام آنها از مطالعات پوشش گیاهی، اقلیم، خاکشناسی و قابلیت اراضی در کشور قابل دستیابی است.

با توجه به بازدیدهای صحرایی به عمل آمده از منطقه، مناطقی که در طبقه بحرانی پایین قرار داشته را می‌توان با اجرای طرح‌های بیولوژیکی و مکانیکی از پیشروی فرایند بیابان‌زایی مهار کرد. در غیر این صورت به علت شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه وضعیت این مناطق بحرانی‌تر می شود. همانطور که از نقشه بیابان‌زایی طراحی شده بر می‌آید، مناطق با طبقه بحرانی شدید بیشترین درصد منطقه را به خود اختصاص داده‌اند که شامل تپه‌های ماسه‌ای روان و اراضی شور و پف کرده می‌باشد، در صورت عدم مهار این مناطق به نواحی دیگر انتقال یافته و وضعیت منطقه را از شرایط حال بحرانی‌تر می کند. مشکل اساسی بررسی و پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی در سراسر دنیا بررسی کیفی عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی بوده و نتایج با استفاده از نظر کارشناسانی که اشراف به منطقه عملیاتی دارند مورد تحلیل قرار می‌گیرند. رد یا پذیرفته شدن این نتایج بسته به نظر کارشناس داشته لذا در این تحقیق بر اساس نظر کارشناسان مجرب گروه تحقیقاتی، مشخص شده نتایج حاصل از روش ESAs بیشتر مورد قابل قبول بوده لذا با توجه به این نکته و مشکل اساس موجود در تهیه نقشه بیابان‌زایی بناچار باید به نظر کارشناسی در این زمینه تکیه کرد.

جدول ۶- توزیع فراوانی طبقه‌های شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی ICD

کد واحد کاری	نام واحد کاری	طبقه شدت بیابان‌زایی	مساحت بر حسب هکتار	درصد مساحت نیپسبت به کل منطقه
۱	اراضی کشاورزی	III	۸۸۲/۵۷۵۲	۱۸/۳
۲	اراضی مالچ پاشی شده	III	۶۱۹/۲	۱۲/۸
۳	بستر رودخانه نیاتک	II	۲۰۵/۹۶	۴/۳
۴	تپه‌های بارخانی	IV	۴۵۹/۰۳۶	۹/۵
۵	تپه‌های ماسه ای	IV	۴۳۹/۶۰۶	۹/۱
۶	اراضی حریم رودخانه نیاتک	V	۷۳۰/۳۶۱	۱۵/۲
۷	دشت رسی	II	۴۱۹/۶۴۰۴	۸/۷
۸	اراضی شور همراه رخساره نبکا	IV	۱۰۶۳/۶۲۱۴	۲۲/۱

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۷- نتایج حاصل از ارزیابی عوامل موثر بر فرایند بیابان‌زایی بر اساس روش ESAs

عامل	زیر معیار	امتیاز برآورد شده در هر واحد کاری			
		بستر رودخانه	اراضی زراعی	تپه های ماسه ای	اراضی شور و پف کرده
خاک	بافت خاک	۱	۱	۱/۶	۱/۲
	زهکشی (نفوذپذیری)	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		۱/۲۲۶	۱/۲۶۱	۱/۳۲۶	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	۱/۸	۱	۲
VQI		۱/۳۲	۱/۳۶۳	۱/۵۳۳	۲
مدیریت کاربری	نوع کاربری	۱/۳	۱	۲	۲
	عملیات مدیریتی	۱	۱	۱/۵	۲
MQI		۱/۱۴	۱	۱/۷۳۲	۲
اقلیم	ساخص BGI	۲	۲	۲	۲
	بارندگی	۲	۲	۲	۲
CQI		۲	۲	۲	۲

جدول ۸- دامنه ESAI

طبقه	زیر طبقه	دامنه شاخص ESAI	مساحت(هکتار)	درصد مساحت
غیر حساس	N.A	<۱/۱۷	-	-
بلقوه	P	۱/۱۷ -۱/۲۲	-	-
شکننده	F۱	۱/۲۳ -۱/۲۶	-	-
شکننده	F۲	۱/۲۷ -۱/۳۲	-	-
شکننده	F۳	۱/۳۳ -۱/۳۷	-	-
بحرانی	C۱	۱/۳۸ -۱/۴۱	۱۵۰۰	۳۱
بحرانی	C۲	۱/۴۲ -۱/۵۳	۳۶/۴	۱
بحرانی	C۳	>۱/۵۳	۳۲۸۳/۶	۶۸

www.SID.ir

پاورقی ها

1- Desertification
2- Iranian classification of desertification
3- Environmental Sensitive Areas
4- Mediterranean and land use sensitive
5- Iran research institute of forest and rangelands. Ekhtesasi. Ahmadi
6- Modified pacific southwest Inter-Agency committee
7- Geographical Information System
8- Environmental Sensitive Area Index
9- Soil Quality Index
10- Climate Quality Index
11- Bagnold-Gosen Index
12- Vegetation quality index
13- Management Quality Index

منابع مورد استفاده

۱- احمدی، ح، اختصاصی، م. ر و همتی. ن. (۱۳۸۶) بررسی و مقایسه پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی و آبی با استفاده از مدل های IRIFR.E.A و MPSIAC در مناطق نیمه خشک(مطالعه موردی: حوزه آبخیز نعمت آباد بیجار)، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۰، شماره ۱، ص ۱-۱۰.

۲- اختصاصی ، م. ر، دانشور، م. ابوالقاسمی، م، فیض نیا، س و صارمی نائینی.م. ع، (۱۳۸۵) اندازه گیری و تهیه نقشه جریان ماسه بادی به روش نصب تله های رسوب‌گیر(مطالعه موردی: دشت یزد-اردکان)، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۴، ص ۷۳۳-۷۸۱.

۳- فلاح مهنه، س. (۱۳۸۳) مقایسه کارایی روشهای فائو- یونپ و اختصاصی- مهاجری در پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی به منظور مدیریت دشت مه‌ولات(تربت حیدریه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری، ص ۱۲۸.

۴- فیض نیا، س، غیومیان، ج و خواجه. م، (۱۳۸۴) بررسی اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی و آب و هوایی در تولید رسوب ناشی از فرسایش سطحی خاک‌های لسی(مطالعه موردی استان گلستان)، فصلنامه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره، ۶۶، ص، ۱۴-۲۴.

۵- زهتابیان، غ. ر و رفیعی امام. ع، (۱۳۸۲) ESAs روشی جدید برای ارزیابی و تهیه نقشه حساسیت مناطق به بیابان‌زایی، مجله بیابان، جلد ۸، شماره ۱، ص۱۲۵-۱۲۰.

6- Asma, A.A., Anwar, Sh.A., Waleed, K.A., Nabil, A.E. and Mahmmod, A.R., (2002) Desertification in the Arab Region: analysis of current status and trends. *Journal of Arid Environments*, vol, 51. pp: 521–545.

7- Braimoh ،A.K. and Vlek PLG, (eds). Springer, Heidelberg, Germany. (2008) *Land use and soil resources*. pp: 254.

8- Brunner, A.C., Park, S.J., Ruecker, G.R. and 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,* vol, 19. pp: 623–635.

9- Kosmas, C., Ferrara, A., Briasouli, H. and Imeson, A., (1999) Methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification. *European commission.* pp: 31–47.

10- Kosmas, C., Krikby, M. and Geeson., (1999) *Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification*. Office for Official Pubolications of the European Communities. European communities. pp: 94.

11- Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N. and Karavitis, C., (2003) Identification of indicators for desertification. *Annals of Arid Zones, Vol,* 42; No, 3/4, pp: 393-416.

12- Laura, A.D. and Daniel, E.B., (2009) Threshold wind velocity susceptibility to wind erosion under variable climatic condition. *Land Degrad. Develop,* vol, 20. pp: 14–21.

13- Lavado, C.J.F., Schnabel, S., Mezo Gutierrez, A.G.and Pulido, F.M., (2009) Mapping Sensitivity to land degradation Extremadura. SW spain. *Land Degrad. Develop*, vol, 20. pp: 129–144

14- Li, X.Y., Ma, Y.J., Xu, H.Y., Wang, J.H. and 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. Develop,* 20. pp 69–83.

15- Sepehr, A. Hassanli, A.M., Ekhtesasi, M.R. and Jamali, J.B., (2007) Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environ Monit Assess*. pp: 12.

16- Singh, G., (2009) Salinity related desertification and management strategies INDIAN experience. *Land Degrad.* Develop, vol, 20. pp: 367–385.

17- Zhu, D., Wang, T.W., Cai, C.F., Li, L. and 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. Develop*, 20. pp: 654–666.

18- Risser, P.G., (1984) *Method for Inventory and monitoring vegetation litter and soil surface condition*. Development strategies for range land management. West view press, Bolder Colorado.

Archive of SID