

بررسی آماری و مقایسه وضعیت فعلی تخریب سرزمین در اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های مختلف استان خوزستان

مهتاب صالحی^۱، مسعود مسعودی^{۲*}

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی- مدیریت مناطق بیابانی، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲- دانشیار بخش منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* ایمیل نویسنده مسئول: masoudi@shirazu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۹

چکیده

شناسایی اکوسیستم‌ها و اقلیم‌های آسیب‌پذیر به تخریب سرزمین و بیابان‌زایی یکی از اصول مهم در چارچوب حفاظتی است. در پدیده تخریب سرزمین، شناسایی مناطق حساس و تعیین نوع اقلیم تحت‌تأثیر تخریب سرزمین و همچنین ارزیابی آن با روش آسان و سریع به منظور آگاه‌سازی جوامع و پیشگیری از خطرات احتمالی موضوعی بسیار مهم است. هدف از این تحقیق بررسی آماری میزان تخریب در اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های مختلف استان خوزستان است. بدین منظور نقشه وضعیت فعلی تخریب سرزمین (برگرفته از تصاویر MODIS سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳)، نقشه نمونه‌برداری از استان به روش شبکه‌ای-تصادفی و نقشه کاربری اراضی و اقلیم در محیط GIS با همدیگر تلفیق شدند. پس از آماده‌سازی نقشه اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های مختلف به صورت مجزا، به بررسی آماری میزان تفاوت تخریب با استفاده از تجزیه واریانس (Anova) و آزمون دانکن (DUNCAN) در محیط نرم‌افزار SPSS پرداخته شد. نتایج آماری نشان داد که بیشترین میزان تخریب سرزمین در اقلیم فراخشک و سپس خشک و کمترین میزان تخریب در اقلیم مدیترانه‌ای می‌باشد. همچنین بیشترین میزان تخریب سرزمین در اکوسیستم بیابان و سپس مرتع و کمترین میزان تخریب در اکوسیستم جنگل مشاهده گردید.

کلمات کلیدی

"وضعیت فعلی تخریب سرزمین"، "اقلیم"، "اکوسیستم"، "GIS"، "تصاویر MODIS"

۱- مقدمه

بیابان‌زایی به صورت فرآیند تخریب سرزمین، تغییر در رژیم بارندگی ناشی از اثرات متقابل جو و زمین و تغییر جوامع گیاهی نمایان می‌شود (Eslamian et al., 2016). در بررسی شدت بیابان‌زایی اراضی آبی، دیم و مرتع در جهان بیان گردید که حدوداً ۷۶ درصد اراضی مرتعی و ۵۶ درصد اراضی دیم آسیا در نتیجه بیابان‌زایی از بین رفته‌اند و موجب اثرات زیانبار اقتصادی شده‌است (روزبه و همکاران، ۱۳۸۸). در بررسی آماری وضعیت فعلی تخریب سرزمین در اکوسیستم‌های مختلف استان فارس با استفاده از آزمون دانکن عنوان گردید که بیشترین میزان تخریب سرزمین در اکوسیستم مرتع و سپس بیابان و کمترین میزان تخریب سرزمین در اکوسیستم جنگل می‌باشد (صالحی، ۱۳۹۶). به منظور پایش تخریب سرزمین در استان ایلام تغییرات پوشش سطح زمین در طول ۱۳ سال مورد بررسی قرار گرفت. با توجه اینکه روند تغییرات سطح بدون پوشش گیاهی افزایشی و تغییرات پهنه‌های جنگلی روند کاهشی را نشان داد می‌توان اظهار داشت که در منطقه مورد بررسی تخریب سرزمین صورت گرفته است که باید با جدیت مورد توجه قرار گیرد (نیک‌پور و همکاران، ۱۳۹۹). در پایش بیابان‌زایی براساس تغییرات کاربری زمین/ کاربری پوشش در استان خوزستان، ارزش عددی شدت بیابان‌زایی در هر کاربری بررسی گردید. به‌طوریکه کاربری مرتع، کشاورزی و مناطق مسکونی بیشترین تأثیر و کاربری نیزار کمترین تأثیر در بیابان‌زایی منطقه داشته است (بهینیا و همکاران، ۱۴۰۰). بررسی تغییرات شاخص خشکی و رویدادهای گرد و غبار در ایران از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ نشان داد که تغییرات زمانی و مکانی غلظت گرد و غبار در بیش از ۶۰ درصد مناطق ایران در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۰۱ و ۱۹۹۰ که شاخص خشکی کمتر از ۰/۲ بود، رویدادهای شدید فرسایش بادی را تجربه کردند. همچنین نتایج نشان داد

یکی از بزرگترین مسائل زیست‌محیطی در سراسر جهان تخریب سرزمین است و بدون اقدامات چاره‌ساز سریع، بدتر می‌شود (IPBES, 2018; UNCCD, 2017). یک سوم مساحت اراضی جهان توسط اثرات تخریب سرزمین تهدید شده که مربوط به ۲۰٪ جمعیت جهان به خصوص جوامع روستایی فقیر می‌باشد (UNCCD, 2017). مشکلات زیست‌محیطی به ویژه در مناطق خشک بسیار شدید است که تقریباً ۴۵٪ سطح اراضی جهان را در بر می‌گیرد و مشکل رو به وخامت است و تهدیدهای بیشتری را برای بیش از ۲ میلیارد نفر به همراه دارد (Právělie et al., 2019). بیابان‌زایی به عنوان فرآیند تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب خشک در نتیجه فاکتورهای مختلف از جمله تغییر اقلیم و فعالیت‌های ناپایدار انسانی رخ می‌دهد (Duan et al., 2019) و اثرات جدی بر توسعه پایدار و جامعه انسانی دارد (Xu et al., 2019; Masoudi & Jokar, 2018). بیابان‌زایی شامل فرسایش بادی، فرسایش آبی، شوری، انجماد و ذوب‌شدن ناشی از فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی تخریب خاک است (Duan et al., 2019). مناطق حساس به بیابان‌زایی به مکان‌هایی اشاره دارد که امکان بیابانی‌شدن آن‌ها در اثر عوامل مختلف وجود دارد. این عوامل اغلب با شرایط زمین، ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی، اقلیم و فشارهای انسانی در ارتباط هستند (Xu et al., 2019). بیابان‌زایی گستره وسیعی از مناطق خشک جهان را متأثر نموده است و به عنوان عاملی مشکل‌ساز در جامعه انسانی مطرح است. تغییراتی که پدیده بیابان‌زایی بوجود می‌آورد در چند دهه باقی می‌ماند و حتی برای چندین نسل انسانی احتمالاً دائمی و غیرقابل برگشت هستند. اثرات پدیده

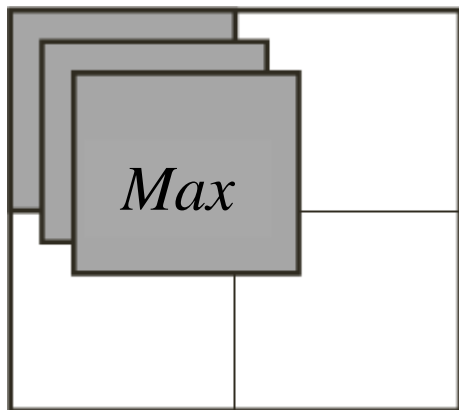
ناشی از تأثیر اختلاف دما در وجود آمدن باد و همچنین افزایش خشکی سطح زمین باشد. گرچه ضریب همبستگی نشان می‌دهد اثر تغییرات اقلیمی بر فراوانی گرد و غبار قطعی است اما این تأثیرات دارای نوسانات زیاد در طول دوره آماری (از زمان تاسیس تا سال ۲۰۱۴) و در ایستگاه‌های مختلف است. این همبستگی در مناطق مختلف متفاوت است و متأثر از شرایط محلی نیز قرار می‌گیرد (متولی‌زاده نائینی و مدرس، ۱۴۰۰). برآورد تغییرات داخلی و بین سالانه پوشش گیاهی با استفاده از سری‌های زمانی NDVI در جنوب شرقی اسپانیا بیانگر تخریب سرزمین در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک یا به‌طور کلی تخریب سرزمین در اراضی خشک است (Gilabert et al., 2020). بررسی تخریب سرزمین در دلتای رودخانه Amudarya با استفاده از NDVI و albedo بیانگر رابطه منفی شدید بین اثرات جانبی تخریب سرزمین و متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی وجود دارد. به طوری که کاهش بارندگی بر تخریب سرزمین متراتع و مناطق با پوشش گیاهی پراکنده تأثیرگذار می‌باشد (Jiang et al., 2019). در بررسی وضعیت آسیب‌پذیری بیابان‌زایی شهرستان جغتای - خراسان رضوی گزارش شده است که اکثریت منطقه مورد مطالعه (۶۷/۵٪) در طبقات آسیب‌پذیری کم تا متوسط قرار دارند. با این حال، منطقه پرخطر باید به طور جدی مورد توجه قرار گیرد، زیرا ۳۶۵ کیلومتر مربع (۲۱٪) (یک پنجم) از کل منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. علاوه بر این، دامنه کوه در جنوب و شمال منطقه در طبقه آسیب‌پذیری بیابان‌زایی بالا طبقه‌بندی می‌شود که دارای کمترین تراکم پوشش گیاهی و بالاترین مقادیر دما است. با این وجود، مناطق مرکزی با بیشترین تراکم پوشش گیاهی کمترین آسیب‌پذیری بیابان‌زایی را همانطور که انتظار می‌رفت تشکیل دادند. بنابراین می‌توان ادعا کرد که عدم وجود پوشش گیاهی به دلیل اقدامات اقلیمی و آدافیک و عوامل انسانی عامل آسیب‌پذیری بالای منطقه جغتای در برابر بیابان‌زایی است (Dastorani, 2022). در نهایت با توجه به گسترش پدیده بیابان‌زایی، علاوه بر شناخت فرآیندهای بیابان‌زایی و عوامل به وجود آورنده و تشدیدکننده آن، آگاهی از شدت و ضعف این فرآیندها امر ضروری و مهمی است که باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین با توجه به اینکه تخریب سرزمین در اقلیم‌های مختلف به خصوص در اقلیم خشک، کاربری‌های مختلفی را از جمله اراضی کشاورزی (آبی و دیم)، مرتع و جنگل تحت‌تأثیر و مورد تهدید قرار می‌دهد. در این تحقیق سعی بر آن شده است که با بررسی آماری از جمله استفاده از تجزیه واریانس و آزمون دانکن به درک درستی از شدت تخریب سرزمین در اکوسیستم‌ها و اقلیم‌های مختلف استان خوزستان دست یابیم تا پاسخی باشد برای سؤال «در کدام اکوسیستم و اقلیم استان خوزستان تخریب سرزمین بیشتر صورت می‌گیرد؟».

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۲۳۴ کیلومتر مربع بین ۴۱° ۴۷' تا ۳۱° ۵۰' طول شرقی و ۲۹° ۵۸' ۰۰" تا ۲۳° ۰۴' ۰۰" عرض شمالی در جنوب غربی ایران در کرانه خلیج فارس و اروندرود قرار دارد و مرکز استخراج نفت ایران به شمار می‌آید. شهرستان اهواز مرکز استان خوزستان است. بر اساس تقسیمات اقلیمی آمبرژه در برگرفته اقلیم بیابانی گرم شدید و بیابانی گرم میانی می‌باشد. از نظر توپوگرافی شامل دو بخش کوهستانی در شمال و شمال شرق و جلگه‌ای در جنوب است. میزان بارندگی این استان از جنوب و جنوب‌غرب به سمت شمال و شمال‌شرق افزایش می‌یابد. به طوریکه بیشترین میزان بارندگی در نواحی شمال‌شرقی با متوسط ۶۱۶ تا ۷۰۰

تقریباً ۴۵ درصد از مساحت ایران در طول دوره مورد مطالعه دارای میانگین غلظت گرد و غبار بودند. تغییرات فزاینده غلظت گرد و غبار در نیمی از ایران در دوره دوم (۲۰۰۸-۲۰۰۰) و در یک سوم ایران در دوره سوم (۲۰۱۸-۲۰۰۹) مشاهده گردید. مناطق تحت تأثیر کاهش تغییرات غلظت گرد و غبار در دوره دوم و سوم به ترتیب ۹۰٪ و ۷۳٪ از منطقه تحت تأثیر در دوره قبل بودند. به طور کلی در بیشتر مناطق خشک و نیمه خشک ایران بین شاخص خشکی و تغییرات غلظت گرد و غبار در طول دوره پایش همبستگی منفی معنی‌داری و در مناطق مرطوب همبستگی مثبت ناچیزی وجود داشت (Ebrahimi-Khusfi et al., 2022). شدت بیابان‌زایی استان خوزستان با استفاده از مدل مدالوس نشان داد که وضعیت بیابان‌زایی در این دشت بسیار شدید و کل منطقه در طبقه بحرانی حساس به بیابان‌زایی قرار دارد. به طوری که سطوح منطبق با بیابان‌زایی شدید و خیلی شدید و طبقات بحرانی حساس به بیابان‌زایی در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳). در بررسی روند بیابان‌زایی در مرکز استان خوزستان از سری‌های زمانی شاخص‌های سنجش از دوری TGSi و آلبدو جهت پایش روند بیابان‌زایی در مرکز استان خوزستان برای سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۹۹ استفاده گردید. نتایج نشان داد هیچ یک از سری‌ها، به غیر از سری زمانی بیابان‌زایی زیاد، در سطح ۵٪ روند معناداری از خود نشان ندادند. ولی دو طبقه بیابان‌زایی شدید و بیابان‌زایی زیاد به ترتیب با مقادیر p-value ۰/۹۰ و ۰/۵۰ روند معناداری در سطح ۱۰٪ از خود نشان دادند. همچنین نقشه توزیع مکانی میانگین تغییرات روند شاخص بیابان‌زایی در طبقات مختلف، نشان داد در مجموع، نزدیک ۸۱٪ منطقه در طبقات بیابان‌زایی شدید و زیاد با روند افزایشی بیابان‌زایی معنی‌دار قرار گرفت (هاشم گلوگردی و همکاران، ۱۴۰۰). در بررسی آماری وضعیت فعلی تخریب سرزمین در اقلیم‌های مختلف استان فارس با استفاده از آزمون دانکن گزارش شده است که بیشترین میزان تخریب سرزمین در اقلیم خشک سپس فراخشک و کمترین میزان تخریب سرزمین در اقلیم مرطوب و خیلی مرطوب می‌باشد (صالحی، ۱۳۹۶). بررسی احتمال خطر تخریب سرزمین با مدل RALDE2 در دو شهرستان امیدیه و مسجد سلیمان با شرایط اقلیمی متفاوت نشان داد که خطر تخریب سرزمین در منطقه امیدیه با شرایط اقلیمی گرم و خشک بیشتر و حادثه از منطقه مسجد سلیمان با شرایط اقلیمی مرطوب است (مسعودی و الهایی‌سحر، ۱۳۹۷). در بررسی و مقایسه روند بیابان‌زایی در دشت دهلران و دشت عباس بیان شد که با توجه به اینکه هر دو منطقه جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک شهرستان دهلران می‌باشند اما در دشت عباس چون روند بیابان‌زایی از منظر اقلیم در این منطقه رو به گسترش می‌باشد وضعیت بیابان‌زایی آن در شرایط بحرانی‌تری قرار دارد (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۹). میزان انتشار گرد و غبار ناشی از فرسایش بادی در چین به ترتیب در مناطق مرطوب، نیمه‌مرطوب، نیمه‌خشک و خشک کمتر از میزان انتشار گرد و غبار در مناطق بسیارخشک است. همچنین سطوح لخت مثل بیابان‌ها بیشترین مشارکت در میزان انتشار گرد و غبار طبیعی در مناطق بسیارخشک و خشک را دارند (Chen et al., 2018). در بررسی فراوانی طوفان‌های گرد و غبار در ارتباط با تغییرات اقلیمی در منطقه خشک ایران، اثر متغیرهای اقلیمی بر فراوانی وقوع طوفان‌های گرد و غبار بررسی شد و روند این تأثیر در چند دهه اخیر مورد مطالعه قرار گرفت. از نتایج این پژوهش می‌توان مشاهده کرد که در اغلب ایستگاه‌ها مجموعه‌ای از متغیرهای اقلیمی بر فراوانی گرد و غبار اثر دارند اما در روند افزایشی یا کاهش گرد و غبار برخی از متغیرها بیشتر مؤثر هستند. دو متغیر حداکثر دمای ماهانه و متوسط سرعت باد بیشترین تأثیرگذاری را بر فراوانی گرد و غبار در منطقه خشک و نیمه‌خشک ایران مرکزی دارند. این امر می‌تواند



شکل ۲- تهیه تصویر جدید از سه ماه برای انتخاب بالاترین NDVI یا تولید در طول یکسال

$$Max_1 + Max_2 / 2 \quad (1)$$

سپس نقشه‌های همباران، کاربری اراضی و واحد اراضی (جهت تفکیک اراضی مرتفع از دشت) در نرم‌افزار GIS تلفیق شدند و واحدهای کاری برای انجام این تحقیق تعیین و کدگذاری گردید.

$$E = j(I-1)+ji \quad (2)$$

در مدل فائو- یونپ وضعیت فعلی تخریب از معادله زیر تعیین می‌گردد:

$$\text{تولید پتانسیل} / \text{تولید فعلی} = \text{میزان تخریب} \quad (3)$$

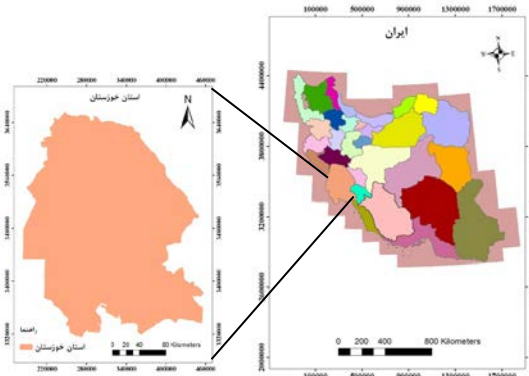
تولید فعلی بر اساس معیار میانگین حداکثر تولید پوشش گیاهی مشاهده شده در بازه زمانی اخیر در هر پیکسل یا منطقه تعریف می‌گردد. تولید پتانسیل محاسبه شده بر اساس معیار خاک و بارش (یا تولید پتانسیل محاسبه شده از طریق نمونه برداری میزان تولید در اکوسیستم‌های مختلف جهت یافتن تولید پتانسیل یک واحدکاری) می‌باشد.

بر اساس دیدگاه ASSOD به جای ارزیابی تک تک فرآیندهای تخریب مانند فرسایش آبی، شوری خاک و ... می‌توان برآیند و اثر تخریب‌های فوق را بر روی میزان کاهش تولید محاسبه و طبقه خطر تخریب سرزمین را تعیین نمود. در این بین شاخص پوشش گیاهی NDVI می‌تواند بیانگر برآیندی از عوامل مؤثر در تخریب به شمار آید. لذا در مدل پیشنهادی برای بررسی وضعیت فعلی تخریب سرزمین و به نوعی برآورد مقادیر تولید فعلی و پتانسیل از شاخص NDVI استفاده و در معادله فائو-یونپ به شکل زیر جایگزین گردید.

$$\begin{aligned} & \text{تولید فعلی بر اساس معیار تولید پوشش گیاهی} = \text{میزان تخریب} \\ & \text{NDVI}_{MAX} / \text{تولید پتانسیل بر اساس معیار خاک و بارش} \\ & \text{NDVI}_{Potential} \quad (4) \end{aligned}$$

از NDVI_{MAX} (برگرفته از تصاویر سه ماهه با حداکثر تولید ممکن در هر منطقه (اسفند، فروردین و اردیبهشت)) در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ برای محاسبه تولید فعلی سرزمین (NDVI_{MAX}) در هر پیکسل استفاده گردید. به منظور محاسبه تولید پتانسیل (NDVI_{POTENTIAL}) در هر واحدکاری از رابطه (۵) استفاده گردید. مقادیر انحراف معیار (SD)، میانگین و حداکثر برای مقادیر NDVI در هر واحدکاری به طور مجزا محاسبه و با توجه به

میلی‌متر و کمترین مقدار در جنوب غربی با متوسط ۱۲۵ تا ۲۲۵ میلی‌متر می‌باشد (Masoudi and Elhaesahar, 2016). در استان خوزستان ۵۰۰ هزار هکتار جنگل و ۵/۲ میلیون هکتار مرتع وجود دارد. مراتع از نوع قشلاقی نامرغوب بوده که در مناطق کوهستانی از پوشش گیاهی غنی‌تر برخوردارند. از کل جنگل‌ها ۱۰ درصد دارای کیفیت خوب و ۳۰ درصد تنک و بقیه تخریب شده و غیرقابل استفاده‌اند (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳).

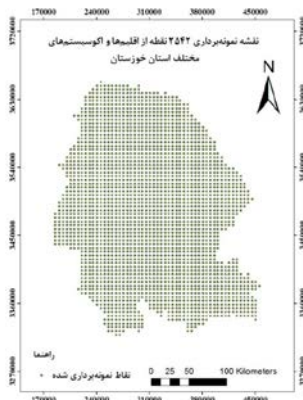


شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

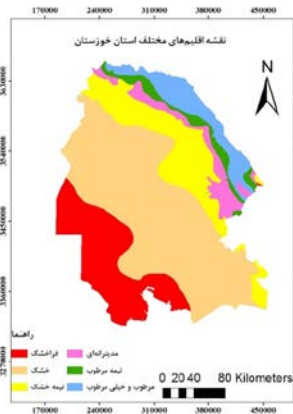
• روش تحقیق

تخریب سرزمین شامل اشکال مختلف (نظیر: فرسایش، شوری و ...) می‌باشد. بر اساس دیدگاه فائو - یونپ (FAO-UNEP, 1984)، گلاسود (Oldeman et al., 1991) و اسود (Van lynden and Oldeman, 1997) به جای برآورد تک‌تک اشکال تخریب می‌توان برآیندی از اثر اشکال مؤثر در ارزیابی تخریب سرزمین را به منظور تخمین کاهش تولید بدست آورد (Masoudi et al., 2021). با توجه به اینکه شاخص پوشش گیاهی NDVI وضعیت پوشش را نشان می‌دهد؛ لذا برای بررسی وضعیت فعلی تخریب سرزمین می‌توان از این شاخص به عنوان برآیندی از عوامل مؤثر در تخریب (بارش، خاک، پوشش اراضی و ...) استفاده نمود (الهایی سحر، ۱۳۹۲). برای محاسبه وضعیت فعلی تخریب در هر پیکسل، تصاویر پوشش گیاهی (MODIS) مربوط به سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ از سایت USGS استخراج و سپس موقعیت هندسی آن‌ها تصحیح گردید. سه تصویر (اسفند- فروردین- اردیبهشت) مربوط به هر سال که بیانگر بیشترین تولید در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ (وضعیت اخیر تخریب) در منطقه مورد مطالعه بود، انتخاب گردید. سپس از بین سه تصویر، یک تصویر که بیانگر MAX تولید بین سه ماه یاد شده است، محاسبه شد (شکل ۲). به منظور کاهش نوسانات بین سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ (خشکسالی، آفت و ...) از تصاویر ماکزیمم بدست آمده (دو تصویر) میانگین (معادله ۱) گرفته شد.

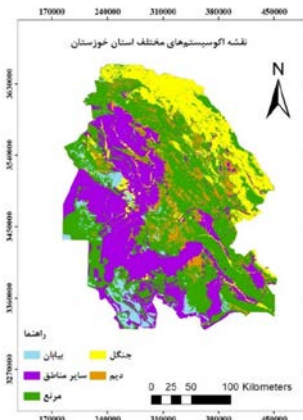
گردید. در نهایت، به منظور بررسی آماری میزان تفاوت تخریب سرزمین در اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های مختلف، از تجزیه واریانس (Anova) و آزمون دانکن (DUNCAN) در نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.



شکل ۴- نقشه نمونه‌برداری از اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های مختلف استان خوزستان



شکل ۵- نقشه اقلیم‌های مختلف استان خوزستان



شکل ۶- نقشه اکوسیستم‌های مختلف استان خوزستان

۳- نتایج

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس را برای اقلیم‌های مختلف (فراخشاخ، خشک، نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب و مرطوب و خیلی مرطوب) نشان می‌دهد. به طوری که میزان تخریب سرزمین در اقلیم‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد.

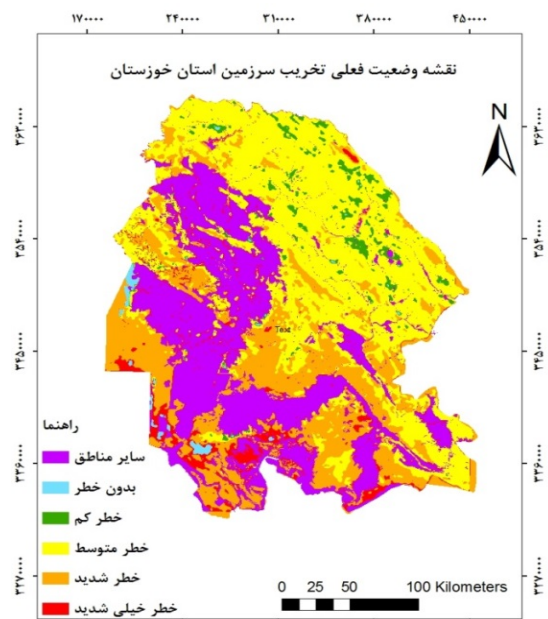
فرمول زیر میزان تولید پتانسیل (NDVI_{POTENTIAL}) در هر واحدکاری مشخص گردید (الهایی سحر، ۱۳۹۲).

$$NDVI_{POTENTIAL} = ((SD \text{ of } NDVI + NDVI_{AVERAGE}) + NDVI_{MAX}) / 2 \quad (5)$$

سپس با توجه به مقادیر NDVI_{MAX} برای هر پیکسل و NDVI_{POTENTIAL} برگرفته از هر واحدکاری، میزان وضعیت فعلی خطر، پیکسل به پیکسل بر اساس رابطه (۵) محاسبه گردید (الهایی سحر، ۱۳۹۲). با توجه به مقادیر به‌دست آمده از رابطه (۴)، طبقه‌بندی طبقه‌های خطر وضعیت فعلی تخریب سرزمین (برگرفته از طبقه‌بندی فائو- یونپ، ۱۹۸۴) در پنج طبقه انجام گرفت (جدول ۱).

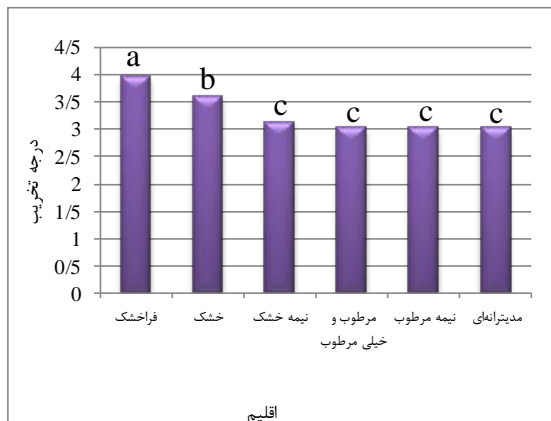
جدول ۱- حدود طبقه‌های وضعیت فعلی تخریب (درصد تولید فعلی به تولید بالقوه)

درصد تولید فعلی به تولید بالقوه (وضعیت فعلی تخریب)	کلاس و درجه خطر
>۱۰۰	بدون خطر (۱)
۸۰-۱۰۰	خطر کم (۲)
۴۰-۸۰	خطر متوسط (۳)
۲۰-۴۰	خطر شدید (۴)



شکل ۳- نقشه وضعیت فعلی تخریب سرزمین استان خوزستان

بر اساس شاخص اقلیمی دوارتن استان خوزستان دارای شش اقلیم فراخشاخ، خشک، نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب و مرطوب و خیلی مرطوب است و همچنین دارای چهار اکوسیستم بیابان، مرتع، دیم و جنگل است (میزان تخریب در اراضی کشاورزی آبی و مسکونی استان برآورد نمی‌شود). برای بررسی میزان تخریب در اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های مختلف، حدود ۲۵۴۲ نمونه از استان خوزستان به روش شبکه‌ای (تصادفی- سیستماتیک) با ابعاد شبکه ۵*۵ کیلومتری نمونه‌برداری گردید. نقشه‌های تخریب سرزمین، اقلیم و کاربری اراضی و نقشه نقاط با همدیگر در محیط GIS تلفیق و نقشه هر کدام از اقلیم‌ها و اکوسیستم‌ها به طور مجزا به منظور بررسی میزان تخریب در اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های مختلف استان تهیه

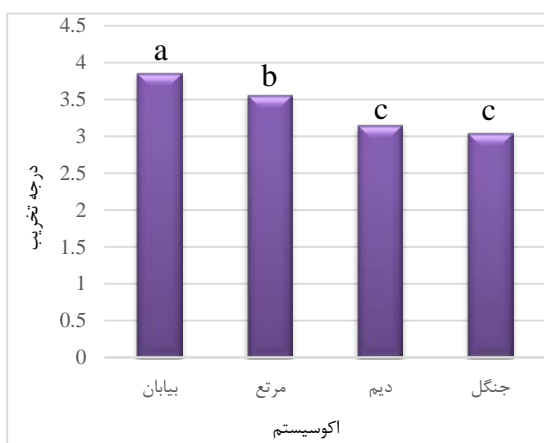


شکل ۷- میانگین مقدار تخریب سرزمین در اقلیم‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن

جدول (۵) و شکل (۸) نشان می‌دهد که بیشترین میزان تخریب سرزمین به ترتیب در اکوسیستم‌های بیابان، مرتع، دیم و جنگل می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که تخریب سرزمین در اکوسیستم‌های جنگل و دیم از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارد.

جدول ۵- نتایج آزمون دانکن در اکوسیستم‌های مختلف

میانگین درجه خطر	تیمارها
۳/۸۵۹ ^a	تیمار (۱) بیابان
۳/۰۴۵ ^c	تیمار (۲) جنگل
۳/۵۶۴ ^b	تیمار (۳) مرتع
۳/۱۵۸ ^c	تیمار (۴) دیم



شکل ۸- میانگین مقدار تخریب سرزمین در اکوسیستم‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن

مطابق شکل (۹) خطر شدید و خیلی شدید تخریب سرزمین ابتدا در اقلیم فراخشک (۵۳/۷۵٪) و سپس در اقلیم خشک (۳۲/۵۳٪) غالبیت دارد. در اقلیم‌های نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب و مرطوب و خیلی مرطوب غالبیت تخریب سرزمین در طبقه خطر متوسط قرار دارد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای اقلیم‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۲۰۵/۳۷۳	۵	۴۱/۰۷۵	۹۹/۶۵۷*	۰/۰۰۰
داخل گروه‌ها	۷۴۴/۷۷۰	۱۸۰۷	۰/۴۱۲		
کل	۹۵۰/۱۴۲	۱۸۱۲			

همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود میزان تخریب سرزمین در اکوسیستم‌های مختلف (مرتع، بیابان، جنگل و دیم) در منطقه مورد مطالعه در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برای اکوسیستم‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه

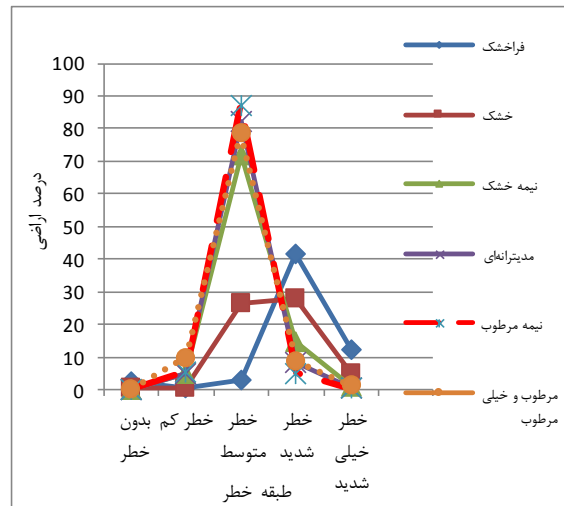
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۱۰۹/۷۲۹	۳	۳۶/۵۷۶	۸۵/۱۲۶**	۰/۰۰۰
داخل گروه‌ها	۷۴۵/۴۸۲	۱۷۳۵	۰/۴۳۰		
کل	۸۵۵/۲۱۱	۱۷۳۸			

مطابق جدول (۴) و شکل (۷) بیشترین میزان تخریب سرزمین به ترتیب در اقلیم‌های فراخشک، خشک، نیمه‌خشک، مرطوب و خیلی مرطوب، نیمه‌مرطوب و مدیترانه‌ای می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که تخریب سرزمین در اقلیم‌های نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب و مرطوب و خیلی مرطوب از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارد.

جدول ۴- نتایج آزمون دانکن در اقلیم‌های مختلف

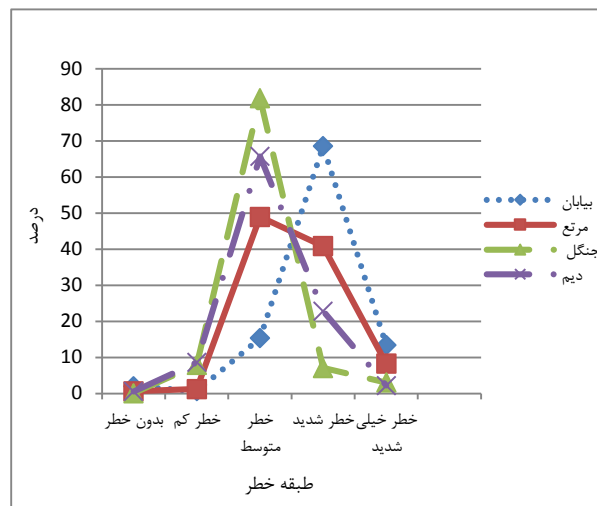
تیمارها	میانگین درجه خطر
تیمار (۱) خشک	۳/۶۰۱ ^b
تیمار (۲) فراخشک	۳/۹۷۵ ^a
تیمار (۳) نیمه خشک	۳/۱۲۶ ^c
تیمار (۴) مدیترانه‌ای	۳/۰۲۳ ^c
تیمار (۵) نیمه‌مرطوب	۳/۰۳۴ ^c
تیمار (۶) مرطوب و خیلی مرطوب	۳/۰۳۶ ^c

صالحی (۱۳۹۶) در رابطه با اینکه بیشترین میزان تخریب سرزمین استان فارس در اقلیم خشک صورت گرفته و یعقوبی و همکاران (۱۳۹۹) در زمینه افزایش روند بیابان‌زایی از منظر اقلیمی در مناطق خشک و نیمه خشک و Chen و همکاران (۲۰۱۸) در زمینه افزایش اثرات تخریب سرزمین در مناطق بسیار خشک و خشک و Gilabert و همکاران (۲۰۲۰) که بیانگر تخریب سرزمین در اراضی خشک بود؛ مطابقت دارد. در حقیقت می‌توان بیان نمود که در استان خوزستان تخریب سرزمین در اراضی خشک که شامل مناطق فراخشک و خشک می‌باشد بیشتر از تخریب سرزمین در مناطق مرطوب می‌باشد. البته نتایج حاضر با نتایج تحقیق مسعودی و همکاران (۱۳۹۴) در رابطه با اینکه خطر تخریب سرزمین در اقلیم مرطوب نسبت به اقلیم خشک بیشتر است؛ مطابقت ندارد. زیرا نمی‌توان تخریب سرزمین بیشتر را برای یک منطقه با شرایط بیابانی که تقریباً به وضعیت کلیماکس رسیده است تصور نمود، اما در مناطق مرطوب‌تر تخریب سرزمین از توانمندی بیشتری برخوردار است (مسعودی و همکاران، ۱۳۹۴). در حقیقت، علت وخیم بودن شرایط تخریب در مناطق خشک‌تر استان خوزستان می‌تواند با شرایط آن مرتبط باشد که بیش‌تر مناطق آن شرایط بیابانی کامل، مانند مناطق مرکزی ایران را ندارند و مناطق آن به نوعی نیمه‌بیابانی هستند و هنوز به حد نهایی بیابان نرسیده‌اند (مسعودی و الهایی‌سحر، ۱۳۹۷). البته بیابان‌زایی همراه با کاهش توان اکولوژیک و بیولوژیک ممکن است در تمام اقلیم‌ها اتفاق بیفتد (باقربور و همکاران، ۲۰۱۷)، اما در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، اقدامات مخرب انسانی باعث تأثیرگذاری بیشتر بر پدیده بیابان‌زایی می‌شوند به‌طوریکه در تشدید نقش متغیرهای اقلیمی بر بیابان‌زایی نقش به‌سزایی دارند (عراقی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین نتایج آماری در اکوسیستم‌های مختلف نشان داد که بیشترین میزان تخریب سرزمین در اکوسیستم بیابان و سپس مرتع و کمترین میزان تخریب سرزمین در اکوسیستم جنگل می‌باشد. نتایج حاضر با نتایج تحقیق صالحی (۱۳۹۶) در رابطه با اینکه بیشترین میزان تخریب سرزمین استان فارس در اکوسیستم مرتع و سپس بیابان و کمترین میزان تخریب سرزمین در اکوسیستم جنگل می‌باشد، و نیک‌پور و همکاران (۱۳۹۹) در زمینه افزایش روند سطوح بدون پوشش گیاهی و کاهش روند تغییرات پهنه‌های جنگلی که نشان‌دهنده تخریب سرزمین در استان ایلام می‌باشد و Chen و همکاران (۲۰۱۸) در رابطه با افزایش مشارکت سطوح لخت مثل بیابان‌ها در میزان انتشار گرد و غبار طبیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک که یکی از آثار تخریب سرزمین می‌باشد؛ تقریباً همسو می‌باشد. فائو (۱۹۹۴) در گزارش ارزیابی کشورهای آسیایی به وسیله مدل ASSOD بیان نمود که تخریب در مناطق بیابانی کم می‌باشد و شرایط ثابت مشاهده شده است. مطابق گزارش فائو (۱۹۹۴) با توجه به اینکه میزان تخریب سرزمین در اکوسیستم بیابان بیشترین مقدار است، پس با مفاهیمی نو مانند بیابان‌های انسان‌ساز یا جدید روبرو هستیم. تأکید بر مدیریت پایدار زمین، ممانعت از تخریب اراضی در آینده، احیاء اراضی تخریب‌شده، توجه بیشتر به نقش و نیازهای بهره‌برداران و در نهایت تلاش در بهبود خدمات زیست‌بوم، چهارچوب دستیابی به بیابان صفر را تشکیل می‌دهد (Imeson, 2012). مدیریت زمین بایستی به گونه‌ای صورت گیرد که با گذشت زمان درک تخریب و احیاء متعادل و پیشرفت تخریب متوقف و بیابان آن صفر شود (Chasek, et al., 2015). لذا پیشنهاد می‌گردد مسئولان مربوطه با استفاده از نتایج تحقیق حاضر به دنبال راهکارهایی جهت پیشگیری یا کاهش تخریب سرزمین در مناطق و اقلیم بحرانی استان خوزستان و تعدیل فعالیت‌های سوء انسانی باشند. به طوریکه در چنین شرایطی، وقوع بیابان‌زایی با شدت بیشتر در دهه‌های آتی دور از انتظار نخواهد بود که پیامدهای منفی از جمله خالی از سکنه‌شدن این مناطق را دربردارد.



شکل ۹- درصد مساحت اراضی در کلاس‌هایی با شدت مختلف تخریب سرزمین در اقلیم‌های مختلف

مطابق شکل (۱۰) خطر شدید و خیلی شدید تخریب سرزمین ابتدا در اکوسیستم بیابان (۸۱/۹۵٪) و سپس در اکوسیستم مرتع (۴۹/۲۰٪) غالبیت دارد. در اکوسیستم‌های دیم و جنگل غالبیت تخریب سرزمین مربوط به طبقه خطر متوسط است. همچنین نتایج نشان داد در اکوسیستم‌های دیم و جنگل درصد مساحت طبقه خطر شدید و خیلی شدید بیشتر از طبقه بدون خطر و خطر کم می‌باشد.



شکل ۱۰- درصد مساحت اراضی در کلاس‌هایی با شدت مختلف تخریب سرزمین در اکوسیستم‌های مختلف

۴- بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان گفت شدت تخریب سرزمین در اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های مختلف استان خوزستان متفاوت است. به طوری که بیشترین میزان تخریب سرزمین در اقلیم فراخشک و سپس خشک و کمترین میزان تخریب سرزمین در اقلیم مدیترانه‌ای می‌باشد. نتایج این پژوهش مطابق با گزارش اولدمن و فائو است، به‌طوریکه در کشورهای جنوب آسیا از جمله ایران، درصد مساحت تخریب سرزمین در اقلیم‌های خشک (۶۶٪) بیشتر از اقلیم‌های مرطوب (۲۴٪) می‌باشد. همچنین با نتایج تحقیقات حبیبی و همکاران (۱۳۹۳) در زمینه منطبق بودن سطوح با بیابان‌زایی شدید و خیلی شدید در اقلیم خشک و نیمه‌خشک و مسعودی و الهایی‌سحر (۱۳۹۷) که بیانگر تخریب سرزمین بیشتر در منطقه گرم و خشک استان خوزستان نسبت به مناطق مرطوب می‌باشد و

منابع

- الهایی سحر، م. (۱۳۹۲). ارزیابی تخریب سرزمین با استفاده از یک مدل پیشنهادی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در استان خوزستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
- باقرپور، م. سیدیان، س. م. فتح آبادی، ا. و، محمدی. (۱۳۹۶). بررسی کارایی آزمون من کندال در شناسایی روند سری‌های دارای خودهمبستگی. مجله علوم ومهندسی آبخیزداری ایران، ۱۱(۳۶)، ۲۱-۱۱.
- بهنیا، م. زهتابیان، غ. خسروی، ح. احمدآلی، خ. نظری سامانی، ع. ا و ط، مصباح‌زاده. (۱۴۰۰). بررسی ارتباط بین معیارهای بیابان‌زایی و تغییر کاربری اراضی: ارائه متدولوژی عملیاتی پایش با استفاده از مدل IMDPA. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۰(۲۹)، ۸۶-۶۹.
- حبیبی، ع. شادفر، ص و م. صادقی. (۱۳۹۳). بررسی شدت بیابان‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژی با استفاده از GIS در استان خوزستان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۳۲، ۱۵۹-۱۴۱.
- روزبه، ح. سلطانی، ف و کمالی، م. (۱۳۸۸). مقایسه شدت بیابان‌زایی در اراضی آبی، دیم و مرتع و برآورد هزینه‌های احیای آن در جهان، جنگل و مرتع، ۸۷، ۸۱-۹۸.
- صالحی، م. (۱۳۹۶). ارزیابی و مدل‌سازی وضعیت فعلی تخریب سرزمین در استان فارس با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.
- عراقی نژاد، ش. انصاری قوجقار، م. پورغلام آمیجی، م. لیاقت، ع. و ج، بذرافشان. (۱۳۹۷). تأثیر نوسانات اقلیمی بر فراوانی طوفان‌های گردوغبار در ایران، مهندسی اکوسیستم بیابان، ۷(۲۱)، ۳۲-۱۳.
- متولی زاده نائینی، م. و ر، مدرس. (۱۴۰۰). فراوانی طوفان‌های گرد و غبار در ارتباط با تغییرات اقلیمی در منطقه خشک ایران، نشریه علوم آب و خاک، ۲۵(۴)، ۲۵۲-۲۳۹.
- مسعودی، م. واحدی، م. نعمت‌اللهی، ع. ر و س. ر، فلاح شمسی. (۱۳۹۴). مقایسه خطر تخریب سرزمین در دو منطقه نیمه‌مرطوب تا مرطوب (شهرستان سپیدان) و خشک (شهرستان لامرد) در استان فارس بر اساس مدل پیشنهادی RALDE، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۴، ۸۲۰-۸۰۴.
- مسعودی، م و م، الهایی سحر. (۱۳۹۷). مقایسه احتمال خطر تخریب سرزمین با مدل پیشنهادی RALDE2 در دو شهرستان استان خوزستان با شرایط اقلیمی متفاوت، پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۳۱(۱۲۰)، ۷۷-۵۶.
- نیک‌پور، ن. فتوحی، ص. نگارش، ح. حسینی، ز و ش. بهرامی. (۱۳۹۹). پایش تغییرات پوشش سطح زمین در راستای تخریب سرزمین (MODIS land cover product 2001-2013): محدوده‌ی جغرافیایی استان ایلام، پژوهش‌های دانش زمین، ۴۱، ۱۵۱-۱۳۰.
- هاشم گلوگردی، س. ولی، ع. و م.ر، شریفی. ۱۴۰۰. بررسی روند بیابان‌زایی در مرکز استان خوزستان با استفاده از داده‌های سری زمانی سنجش از دور، تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۲(۱۱)، ۲۸۵۷-۲۸۴۳.
- یعقوبی و همکاران (۱۳۹۹). بررسی و مقایسه روند بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه خشک با تأکید بر معیار اقلیمی مطالعه موردی: دشت عباس و دشت دهلران (استان ایلام)، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۷(۲)، ۱۲۰-۱۰۳.
- Chen, S. , Jiang, N. , Huang, J. , Xu, X. , Zhang, H. , Zang, Z. , & Zhang, X. (2018). Quantifying contributions of natural and anthropogenic dust emission from different climatic regions. *Atmospheric Environment*, 191, 94-104.
- Chasek, P. , Safriel, U. , Shikongo, S. V. Futran Fuhrman. (2015). Operationalizing Zero net land degradation: The next stage in international efforts to combat desertification. *Journal of Arid Environments* 112 (2015), 5 -13.
- Dastorani, M. (2022). Investigating the Status of Desertification Vulnerability in Joghatay County, Iran. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 4(1), 1-12.
- Duan, H. , Wang, T. , Xue, X. , & Yan, C. (2019). Dynamic monitoring of aeolian desertification based on multiple indicators in Horqin Sandy Land, China. *Science of the Total Environment*, 650, 2374-2388.
- Ebrahimi-Khusfi, Z., Mirakbari, M., & Soleimani-Sardo, M. (2022). Aridity index variations and dust events in Iran from 1990 to 2018. *Annals of the American Association of Geographers*, 112(1), 123-140.
- Eslamian, Z. , Ghorbani, M. , Mesbah zadeh, T. , Rafieie, H. (2016). Application of numerical taxonomy to prioritize socioeconomic effects of desertification (Case Study: Nazrabad area, Aran). *Journal of Range and Desert Research Scientific Iran*, 23(1).
- FAO (1994). Land degradation in South Asia: its severity causes and effects upon the people. FAO, UNDP and UNEP report: Rome.
- FAO- UNEP. (1984). Provisional methodology for assessment and mapping of desertification food and Agriculture organization of the united nation, Rome, 84p.

- Gilabert, M. A. , Martínez, B. , & Meliá, J. (2020). A procedure to derive intra-and inter-annual changes on vegetation from NDVI time series. A case study in Spain. In Congreso internacional sobre desertificación.
- IPBES (2018). Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services – The Assessment Report on Land Degradation and Restoration. Summary for Policymakers, IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Imeson, A. (2012). Desertification, Land Degradation and Sustainability. Formed by the merger of Wiley’s global Scientific, Technical and Medical business with Blackwell Publishing. 331p.
- Jiang, L. , Jiapaer, G. , Bao, A. , Li, Y. , Guo, H. , Zheng, G & De Maeyer, P. (2019). Assessing land degradation and quantifying its drivers in the Amudarya River delta. *Ecological Indicators*, 107, 105–595.
- Masoudi, M.,& Elhaesahar, M. (2016). Trend assessment of climate changes in Khuzestan Province, Iran. *Natural Environment Change*, 2 (2), 143- 152.
- Masoudi, M., Jokar, P. (2018). Risk assessment of desertification using GIS in upper and lower reaches of Mond basin, Iran. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*, 53,1-11.
- Masoudi, M., Vahedi, M., & Cerdà, A. (2021). Risk assessment of land degradation (RALDE) model. *Land Degradation and Development*, 32:2861–2874.
- Oldeman, L. R. (1994). The global extent of land degradation. In: land resilience and sustainable land use, eds. D. J. Greenland and I. Szabolcs, 99-118. Wallingford: CABI.
- Oldeman, L. R. , Hakkeling, R. T. A. , & Sombroek, W. G. (1991). World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note, 2nd. rev (p. 34). ISRIC [etc.].
- Prăvălie, R. , Piticar, A. , Roșca, B. , Sfîcă, L. , Bandoc, G. , Tiscovschi, A. ,& Patriche, C. (2019). Spatio-temporal changes of the climatic water balance in Romania as a response to precipitation and reference evapotranspiration trends during 1961–2013. *Catena*, 172, 295–312.
- Xu, D. , You, X. , & Xia, C. (2019). Assessing the spatial-temporal pattern and evolution of areas sensitive to land desertification in North China. *Ecological Indicators*, 97, 150-158.
- UNCCD, 2017. United Nations Convention to Combat Desertification – Global land outlook UNCCD secretariat, Bonn, Germany.
- Van Lynden, G. W. J. ,& Oldeman, L. R. (1997). Assessment of the status of human-induced soil degradation in south and southeast Asia (ASSOD). International Soil Reference and Information Centre.

Statistical Investigation and Comparison of the Current State of Land Degradation in Different Climates and Ecosystems of Khuzestan Province

Mahtab Salehi¹; Masoud Masoudi^{*2}

1. M.Sc. Graduated of Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University

2*. Associate Professor of Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University

*Email Address: masoudi@shirazu.ac.ir

Abstract

Introduction:

Land degradation and desertification have emerged as one of the world's most pressing environmental and socio-economic challenges, posing a serious threat to global development. Therefore, it is vital to comprehend the worldwide pattern of this land disaster. Desertification and land degradation are two problems at national, regional, and global scales and fighting them has been a global effort since 1992. More than 75% of Iran's area has arid and semi-arid climate conditions. Therefore, this region has a high sensitivity to land degradation and desertification. In recent decades, natural factors such as climate change and anthropogenic influences have played effective roles in providing proper conditions for land degradation worldwide. Arid ecosystems show different forms of land degradation such as salinization of water and soil resources, wind erosion, vegetation degradation, etc. that contribute to desertification. Early monitoring and identification of land degradation through the application of simple and fast ways to alert people and prevent future threats is one of the key goals of various scientific and political groups worldwide. Due to the important role of identifying sensitive ecosystems to land degradation to reduce its impacts (especially in weak and fragile ecosystems), in this research, in order to identify sensitive ecosystems and determine the type of climate involved in land degradation in Khuzestan province, the statistical rates of land degradation in different climates and ecosystems of the mentioned region were assessed.

Methodology:

Khuzestan province with an area of about 64234 Km² is located between 47°41' 00" to 50° 31'00" east longitude and 23° 04' 00" to 29° 58' 00" north latitude in the southwest of Iran on Persian Gulf and Arvand River. This province is the center of Iranian oil extraction industry and Ahvaz city is its capital. This province is part of Persian Gulf coastal plains, hot and dry southern regions, and Gulf vegetation region. The province's average rainfall is estimated to be 150 mm. Although average air humidity in Khuzestan is 50%, the majority of Khuzestan plain is dry and desolate due to minimal rainfall. Rainfall in the province increases from south and southwest to north and northeast. Northeast has the highest rainfall, with an average of 616 to 700 mm, and southwest has the lowest amount, with an average of 125 to 225 mm. Annual average temperature is between 24 and 28 °C. Evaporation rate is estimated to be 2000 mm per year. Based on the climatic divisions of Amberje, the province includes extreme hot deserts and hot temperate deserts. In terms of topography, it consists of two mountainous parts in north and northeast and a plain in south. There are 500,000 hectares of forests and 5.2 million hectares of rangelands in Khuzestan province. Rangelands are poor winter rangelands with richer vegetation in mountainous areas. Of overall forests, 10% are of good grade, 30% are scarce, and the remaining is degraded and unusable. FAO-UNEP and NDVI vegetation indices were utilized in this investigation. Because NDVI vegetation index depicts the state of cover, it can be used to study the current state of land degradation as a result of effective elements in degradation (rainfall, soil, land cover, etc.). For this purpose, MODIS vegetation images recorded in the range of 2011 and 2013 were extracted from USGS site and their geometric positions were corrected. Three images obtained in March, April, and May in the mentioned years, which represented the highest production, were selected. Then, to eliminate changes between 2011 and 2013, an image representing the maximum production in the aforementioned three months was generated and the maximum images were averaged. Then, maps of rainfall, land use, and land unit were combined to determine work units in GIS environment. The current production values of NDVI_{MAX} and potential production (NDVI_{POTENTIAL}) were replaced in FAO-UNEP equation and by determining their values in each unit of work and with the help of FAO-UNEP equation, risk classification of the current situation of land degradation was performed in five classes. Then, using network method, we investigated the extent of degradation in Khuzestan province climates (very arid, arid, semi-arid, Mediterranean, semi-humid, humid, and very humid) and different ecosystems (desert, rangeland, rainfed, and forest) as

determined by Domarten Climate Index (ultra-arid, arid, semi-arid, Mediterranean, semi-humid, humid, and very humid). The samples were random-systematic with a network size of 5×5 km. To explore the extent of difference in degradation in different climates and ecosystems of Khuzestan province, land degradation, climate, and land use maps and Point maps were integrated into GIS, and maps of each climate and ecosystem were generated independently. Finally, the analysis of variance and Duncan test in SPSS software were applied for statistical analysis of different degradations in various climates and ecosystems.

Conclusion:

The results of the analysis of variance showed that land degradation in different climates and ecosystems of study area was significant at the level of 1%. Very arid climate (53.75 %) had the highest risk of land degradation, followed by dry climate (32.53%). In semi-arid, Mediterranean, semi-humid, humid, and very humid climates, the prevalence of land degradation was in middle-risk category and in terms of land degradation, there were no significant differences among the mentioned climates. The results also showed that desert ecosystems (81.95%) and rangeland ecosystems (49.20%) were in the categories of severe and very severe land degradation, respectively, and there was no statistically significant difference between forest and rainfed ecosystems in terms of land degradation. Also, the predominance of land degradation in these two ecosystems was related to middle-risk class. In rainfed and forest ecosystems, the percentages of severe and extreme hazard classes were higher than those of no risk and low-risk classes. Finally, it could be said that the reason for more severe land degradation in drier regions of Khuzestan province was related to the conditions of that region because its areas were semi-desert (they have not reached the final level of desert) and did not have the conditions of complete desert areas. Also, given that the rate of land degradation in desert ecosystem was the highest, we were faced with new concepts such as man-made or new deserts. It was hoped that the results of the present study and the application of this method could help managers and relevant officials in identifying ecosystems and climates sensitive to degradation to better plan and manage these areas to prevent further land degradation and desertification.

Keywords:

Current state of land degradation; Climate; Ecosystem; GIS; MODIS images.