

روند تغییرات شاخص تخریب زمین در حوزه آبخیز سازند، استان مرکزی

سیدحمیدرضا صادقی^{۱*}، علی اکبر داودی راد^۲، امیر سعدالدین^۳ و شهلا پایمزد^۴

^۱ استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ^۲ دانشجوی دکتری رشته علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ^۳ دانشیار، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و ^۴ استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۹

چکیده

امروزه تخریب زمین با توجه به روند روبه رشد جمعیت و تامین نیازهای آن و همچنین توسعه اقتصادی، بهره‌برداری غیر علمی و غیرمنطقی از منابع اجتناب‌ناپذیر است. از این رو، پایش و شناسایی عوامل موثر بر تخریب زمین در یک منطقه برای مهار و مدیریت آن ضروری است. حال آن که این موضوعات کمتر مورد توجه متخصصین و مدیران قرار گرفته است. در این راستا، پژوهش حاضر در حوزه آبخیز سازند با هدف تحلیل روند تخریب زمین و شناخت عوامل مهم و تاثیرگذار بر مبنای شاخص منطقه حساس محیطی (ESAI) در بازه زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۳ به سبب تغییرات قابل توجه به دلیل بهره‌برداری‌ها و مدیریت‌های متنوع و توسعه صنعتی انجام شد. با توجه به نقشه‌های ESAI تهیه شده در مقاطع زمانی ۱۳۶۵، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳، به ترتیب ۱۶/۵۶، ۳۳/۳۹، ۴۲/۳۲ و ۴۹/۵۲ درصد از وسعت منطقه در شرایط بحرانی تخریب زمین قرار داشت. بر اساس تحلیل نتایج حاصل، روند تخریب زمین در منطقه فزاینده بوده و در دوره‌های منتهی به سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۳ با شدت بیشتری صورت گرفته است. همچنین، تحلیل حساسیت و بررسی عوامل تاثیرگذار در تخریب زمین در منطقه مطالعاتی مشخص نمود که نقش عوامل پوشش گیاهی و مدیریتی و انسانی در تغییرات مقادیر ESAI و تعدیل و تشدید تخریب زمین بیش از سایر عوامل بوده است.

واژه‌های کلیدی: آمایش سرزمین، حساسیت به تخریب زمین، مدیریت پوشش گیاهی، شاخص منطقه حساس محیطی، مدیریت سازگار

مقدمه

(Liniger و همکاران، ۲۰۰۸). تخریب زمین فرایند پیچیده‌ای است که به سبب تقلیل شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک زمین، ظرفیت تولیدی آن را کاهش می‌دهد (UNCCD، ۲۰۱۲؛ Grainger، ۲۰۱۵؛ Dimobe و همکاران، ۲۰۱۵).

اندازه‌گیری تخریب زمین آسان نبوده و معیارها و شاخص‌های متفاوتی برای سنجش و ارزیابی آن در نظر گرفته می‌شود (Nachtergaele و همکاران، ۲۰۱۰؛ Farshad، ۲۰۱۱). از این رو انتخاب معیار

مدیریت مؤثر طبیعت و محیط‌زیست نیازمند ساختار و چارچوب منسجم و مبتنی بر دانش و اطلاعات کافی، قابل اعتماد و به‌روز بوده و بر همین اساس شناخت همه‌جانبه ابعاد تخریب زمین^۱ نقطه عطف دستیابی به مدیریت پایدار منابع می‌باشد

* مسئول مکاتبات: sadeghi@modares.ac.ir

^۱ Land Degradation, LD

Nachtergaele و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین معیار ESAI در مطالعات مختلف و در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای و جاهای مختلف استفاده شده و اعتبار آن در ارزیابی و تعیین سطح تخریب واقعی و آسیب‌پذیری زمین^۸ مورد تایید قرار گرفته است (Contador و همکاران، ۲۰۰۹).

در همین راستا، Basso و همکاران (۲۰۰۰) وضعیت تخریب و بیابان‌زایی در حوزه آبخیزی در جنوب ایتالیا در مقیاس پلات را بررسی نموده، دریافتند با برقراری ارتباط بین نتایج حاصل از کاربرد پلات و اطلاعات ناحیه‌ای، از یک‌سو پویایی فرایند تخریب زمین بهتر درک شده و از سوی دیگر برای ارزیابی بررسی‌های صورت گرفته در مقیاس حوضه به‌ویژه در شرایط کاربرد سنجش از دور و مدل‌ها قابل استفاده است. Zitti و Salvati (۲۰۰۹) نیز با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری زمین به تخریب، در مقیاس شهری و در بخش مرکزی ایتالیا از نه متغیر در سه بخش خاک و اقلیم، کاربری اراضی و اثرات انسانی استفاده کردند. ایشان با تهیه نقشه منطقه بر مبنای آسیب‌پذیری زمین، دریافتند که عوامل انسانی و جمعیتی در تسریع روند تخریب نقش مهمی در مقایسه با عوامل اقلیمی و خاکی داشته‌اند.

Ferrara و همکاران (۲۰۱۲) نیز بر اساس ۱۴ متغیر و در قالب چهار گروه عوامل اصلی به ارزیابی تخریب زمین در حوزه آبخیز Agri به مساحت ۱۷۳۰ کیلومترمربع در جنوب ایتالیا پرداخته و با تحلیل حساسیت عوامل دریافتند که گروه عوامل اقلیمی و مدیریتی و متغیرهای شاخص خشکی، بارندگی سالانه و شدت تغییر کاربری بیشترین و عمق خاک و جهت شیب کمترین حساسیت را داشتند. Smiraglia و همکاران (۲۰۱۶) با برقراری ارتباطی بین فرایند تخریب زمین، تغییر سرزمین و خدمات زیست‌بوم و پیشنهاد الگوهای مدیریتی، تلاش نمودند الگوی مدیریتی برای کاهش روند تخریب زمین در دو منطقه Valpadana و Fortore به ترتیب در جنوب و شمال ایتالیا ارائه دهند. ایشان برای تبیین شرایط تخریب

مناسب برای ارزیابی تخریب زمین و بیان صحیح شرایط بیان تخریبی منطقه از مهمترین و حساس‌ترین مرحله در مدیریت منابع محسوب می‌شود. در این راستا حساسیت زمین به تخریب^۱ یا به عبارتی دیگر میزان تغییر ناشی از اثر محرک‌ها و عوامل طبیعی یا انسانی و یا ترکیبی از هر دو در زمین به‌عنوان شاخص منطقه حساس محیطی^۲ در مطالعات مختلفی استفاده شده است (Carlucci و Salvati، ۲۰۱۰؛ Ferrara و همکاران، ۲۰۱۲). ESAI معیاری ترکیبی است و بر مبنای پروژه استاندارد MEDALUS^۳ بنا نهاده شده است (Contador و همکاران، ۲۰۰۹؛ Bakr و همکاران، ۲۰۱۲). شاخص مذکور، تاثیر عوامل مختلف موثر بر تخریب را بیان نموده و بر فرایند خاصی از آن دلالت نداشته و برآیند کل فرایند تخریب را نشان می‌دهد و متغیرهای مورد استفاده در آن در چهار گروه عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی و خاکی، پوشش گیاهی و انسانی و مدیریتی قرار گرفته و بر حسب شرایط قابل تغییر می‌باشند (Basso و همکاران، ۲۰۰۰؛ Marull و همکاران، ۲۰۰۷؛ Ali و El Baroudy، ۲۰۰۹؛ Zehtabian و همکاران، ۲۰۰۷؛ Ferrara و همکاران، ۲۰۱۲).

مطالعه و بررسی تخریب زمین در نقاط مختلف جهان و بعضاً در سطح پروژه‌های بین‌المللی از قبیل LADA^۴، WOCAT^۵ و DESIRE^۶ (Liniger و همکاران، ۲۰۰۸) مدنظر قرار گرفته است. مبنای مطالعات و پروژه‌های بررسی و ارزیابی تخریب، شناخت مهمترین عوامل و محرک‌های تخریب و همچنین اثرات آن بر مبنای رویکرد DPSIR^۷ می‌باشد

¹ Land Sensitivity to Degradation

² Environmental Sensitive Area Index, ESAI

³ the Mediterranean Desertification And Land Use, MEDALUS

⁴ Land Degradation Assessment in drylands, LADA

⁵ World Overview of Conservation Approaches and Technologies, WOCAT

⁶ Desertification, mitigation and remediation of land – a global approach for local solution, DESIRE

⁷ Driving-Pressure-State-Impact-Response, DPSIR

⁸ Land vulnerability

اتخاذ الگوی مناسب مدیریت بهینه در مناطق در معرض تخریب و احیای مناطق تخریب یافته زمین، مستلزم درک روند تخریب زمین و تغییرپذیری آن در منطقه با توجه به نوع مدیریت‌های پیشین می‌باشد. همچنین، توسعه و بهره‌برداری از منابع به سبب ضرورت تامین نیازهای روبه‌رشد جوامع انسانی و تغییر الگوهای زندگی اجتناب‌ناپذیر است. یکی از این سازوکارهای مناسب در مدیریت منابع، انجام مدیریت سازگار^۳ مبتنی بر یک شبکه پایش تغییرات تخریب در ابعاد زمانی و مکانی و بر مبنای معیارهای شناخته شده می‌باشد که می‌توان با توجه به نتایج حاصل از مدیریت‌های اعمال شده قبلی به مبنایی برای مدیریت آبی دست یافت (Basso و همکاران، ۲۰۰۰؛ Williams و همکاران، ۲۰۰۹؛ Sadeghi و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین پژوهش حاضر به منظور تحلیل وضعیت حساسیت به تخریب زمین مبتنی بر ESAI و همچنین شناخت عوامل مهم و تاثیرگذار در چهار مقطع زمانی طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۳ در حوزه آبخیز شازند به سبب تغییرات قابل توجه در نتیجه توسعه صنعتی، دسترسی و امکان جمع‌آوری آمار و اطلاعات و نیز پیشینه پژوهشی (Darabi و همکاران، ۲۰۱۴؛ Davudirad و همکاران، ۲۰۱۶) برنامه‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز شازند با مختصات جغرافیایی "۱۵° ۴۱' ۴۹" تا "۱۲° ۵۲' ۴۹" طول شرقی و "۴۲° ۴۴' ۳۳" تا "۱۳° ۱۲' ۳۴" عرض شمالی و مساحت ۱۷۴۰ کیلومتر مربع، در جنوب غربی استان مرکزی واقع شده است (شکل ۱). دامنه ارتفاعی حوضه از ۱۸۲۰ تا بیش از ۳۳۰۰ متر، متوسط بارندگی سالانه حوزه آبخیز شازند ۴۲۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن ۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بر اساس روش آمبرژه، اقلیم این منطقه نیز در طبقه نیمه‌خشک معتدل تا نیمه‌خشک سرد قرار می‌گیرد (Darabi و همکاران، ۲۰۱۴؛ Davudirad و همکاران، ۲۰۱۶). بیشترین مساحت حوضه مربوط به

زمین از معیار ESAI استفاده نموده و روند تخریب زمین را ارزیابی نمودند.

در ایران نیز پژوهش‌های متعددی در خصوص ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی به عنوان یکی از نمایه‌های تخریب زمین بر مبنای کاربرد ESAI انجام شده است. Parvari و همکاران (۲۰۱۱) بر مبنای معیار ESAI و چهار گروه عوامل اصلی آن به ارزیابی حساسیت بستر خشک تالاب هامون به بیابان‌زایی پرداختند و دریافتند که مدیریت اراضی و شرایط حاد اقلیمی منطقه و پس از آن توسعه اراضی با پوشش کم، مهمترین عوامل در تشدید بیابان‌زایی در منطقه بوده و دشت‌های سیلابی آن با ESAI برابر ۱/۹۱ بحرانی‌ترین قسمت منطقه از نظر حساسیت به تخریب می‌باشد. Bahreini و Pahlavanravi (۲۰۱۳) نیز در منطقه‌ای در استان بوشهر و با استفاده از معیار ESAI به ارزیابی حساسیت به بیابان‌زایی پرداخته و با توجه به قرارگیری منطقه در دو طبقه شکننده و به‌ویژه بحرانی، هر یک به طبقات کوچک‌تر تقسیم شده و درصد مساحت منطقه در هر طبقه حاصل شد. در این ارتباط، همچنین می‌توان به پژوهش‌های Zehtabian و همکاران (۲۰۰۷)، Bakhshanmehr و همکاران (۲۰۱۳)، Rayegani و همکاران (۲۰۱۳) و Silakhori و همکاران (۲۰۱۶) در رابطه با ارزیابی خطر بیابان‌زایی بر اساس مدل‌های ایرانی MEDALUS، IMPDA^۱ و MICD^۲ در مناطق خشک و بیابانی اشاره نمود.

علی‌رغم پیچیدگی فرایند تخریب زمین، اثرات آن بر محیط زیست و حتی انسان‌ها تجمعی بوده، افزایش آسیب‌پذیری آن‌ها را در پی دارد (Dimobe و همکاران، ۲۰۱۵). از سوی دیگر گسترش تخریب زمین ناشی از استفاده و بهره‌برداری نامعقول و بیش از حد منابع و نهاده‌ها به وسیله انسان و مدیریت ضعیف انسان بر منابع به لحاظ عدم شناخت ابعاد کامل منابع طبیعی، باعث ایجاد ابهامات و عدم قطعیت‌های زیادی شده است. لذا در راستای دستیابی به مدیریت پایدار،

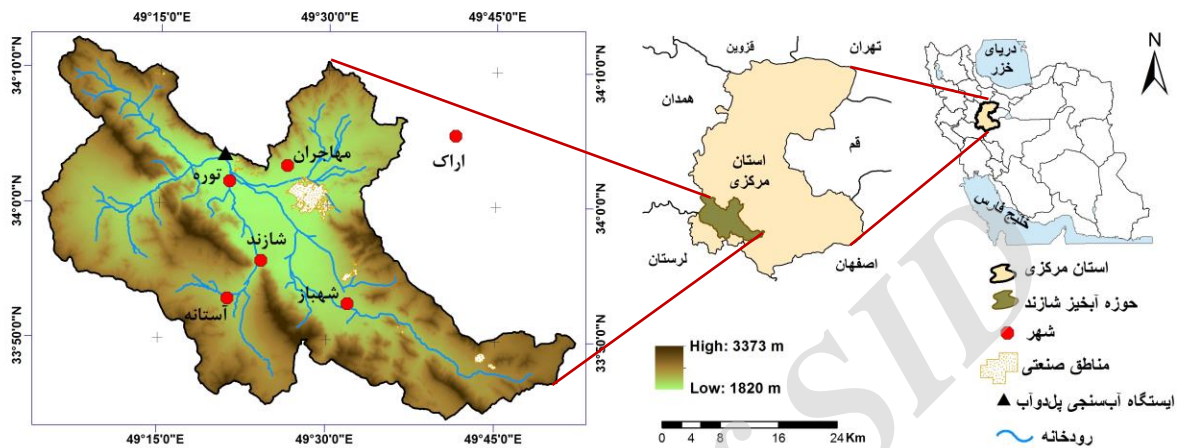
¹ Iranian model of Potential Desertification Assessment, IMPDA

² Modified Iranian Classification of Desertification, MICD

³ Adaptive management

منطقه شامل شهرهای شازند، آستانه، مهاجران، شهباز و توره و مهمترین واحدهای صنعتی نیز شامل پتروشیمی، پالایشگاه و نیروگاه حرارتی می‌باشند که در دشت شازند واقع شده و به تدریج بعد از سال ۱۳۶۷ فعال شدند.

طبقه شیب کمتر از پنج درصد بوده که دشت حاصل - خیز شازند را در خود جای داده است. جمعیت حوزه آبخیز بر اساس آمار سرشماری نفوس و مسکن کشور از ۷۵۲۰۴ نفر در سال ۱۳۵۵ به ۱۰۲۲۷۸ نفر در سال ۱۳۹۰ رسیده است. مهمترین مراکز سکونت‌گاهی



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز مطالعاتی شازند در استان مرکزی و کشور

شاخص فرساینده‌گی باران^۱ (Tavangar و Sadeghi، ۲۰۱۵)، شاخص خشکی^۲ (Salvati و Bajocco، ۲۰۱۱) و همچنین جهت شیب (Contador و همکاران، ۲۰۰۹؛ Ferrara و همکاران، ۲۰۱۲)، در گروه عوامل زمین‌شناسی و خاکی متغیرهای حساسیت سازندها به فرسایش (Arami و همکاران، ۲۰۱۴)، شاخص شدت فرسایش (Sadeghi، ۲۰۰۵؛ Rayegani و همکاران، ۲۰۱۳) و تندی شیب (Contador و همکاران، ۲۰۰۹؛ Bahreini و Pahlavanravi، ۲۰۱۳)، در گروه عوامل پوشش گیاهی، عامل مدیریت پوشش گیاهی^۳ (Panagos و همکاران، ۲۰۱۵) در رابطه USLE مبتنی بر معیار شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده^۴ (Karimi و همکاران، ۲۰۱۳؛ Alexandridis و همکاران، ۲۰۱۵)، در گروه عوامل انسانی و مدیریتی تراکم جمعیت^۵، میزان رشد سالانه جمعیت^۶ (Salvati و همکاران،

میزان بارش حوزه آبخیز شازند طی دوره مطالعاتی دارای تغییرات محدود و فاقد روند معنی‌دار بوده است. حال آن‌که مقدار رسوب و دبی متوسط سالیانه در خروجی حوزه آبخیز (شکل ۱) به ترتیب دارای روند افزایشی و کاهش غیر معنی‌دار (Davudirad و همکاران، ۲۰۱۶) و نهایتاً تراز آب‌های زیرزمینی دشت شازند دارای روند کاهش معنی‌دار به‌ویژه با شدت بیش‌تر پس از سال‌های ۱۳۸۷ بوده است.

ارزیابی حساسیت منطقه به تخریب زمین: ارزیابی حساسیت منطقه به تخریب بر اساس معیار ESAI و در چارچوب شکل اصلی آن و با تهیه چهار گروه عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی و خاکی، پوشش گیاهی و انسانی و مدیریتی (Basso و همکاران، ۲۰۰۰؛ Ferrara و همکاران، ۲۰۱۲) و در مقاطع زمانی ۱۳۶۵، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳ متناسب با روند و تغییرات توسعه‌ای در منطقه مورد مطالعه و همچنین، سال‌های سرشماری نفوس و مسکن کشور انجام شد. در گروه عوامل اقلیمی میانگین بارندگی سالانه (Basso و همکاران، ۲۰۰۰؛ Bahreini و Pahlavanravi، ۲۰۱۳)،

¹ Rainfall erosivity factor

² Aridity index

³ Cover management factor

⁴ Normalized Difference Vegetation Index, NDVI

⁵ Population density

⁶ Annual population growth rate

نظر تغییرات حساسیت به تخریب و متاثر از عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی (Salvati و همکاران، ۲۰۱۴)، رهیافت مناسبی برای مدیریت‌های آتی منطقه نیز فراهم شد. بنابراین در هر دوره زمانی با توجه به نقشه‌های ESAI ابتدا (ESAI_t) و انتهای دوره (ESAI_{t+1}) مطالعاتی و رابطه
$$\left[\frac{ESAI_{t+1} - ESAI_t}{ESAI_t} \right] \times 100$$
 برای تعیین تغییرات حساسیت به تخریب استفاده شد (Smiraglia و همکاران، ۲۰۱۶). حال با توجه به تهیه اطلاعات در چهار مقطع زمانی ۱۳۶۵، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳، نقشه تغییرات ESAI برای سه دوره ۱۳۶۵-۱۳۷۷، ۱۳۷۷-۱۳۸۷ و ۱۳۸۷-۱۳۹۳ تهیه شد.

تحلیل حساسیت تخریب زمین بر اساس عوامل اصلی در مقاطع مختلف زمانی: در این پژوهش از روش مقیاس جزئی برای تحلیل حساسیت مدل (Muleta و Nicklow، ۲۰۰۵) استفاده شد. برای تحلیل حساسیت هر لایه (متغیر و یا گروه عوامل)، با توجه به تغییر مقادیر هر لایه با لحاظ مقدار مشخصی تغییرات آن در دو دامنه منفی و مثبت بررسی شد. برای این منظور با توجه به دامنه قابل قبول تغییر پتانسیل برای هر متغیر و عدم تجاوز مقادیر ESAI از دامنه یک تا دو (Ferrara و همکاران، ۲۰۱۲) مقادیر هر لایه از ۲۰- تا ۳۰+ درصد به ترتیب کاهش و افزایش یافته و بالطبع میانگین ESAI به تفکیک چهار گروه عوامل اصلی در چهار مقطع زمانی مورد مطالعه در حوزه آبخیز شازند محاسبه شد.

نتایج و بحث

طبقات و امتیازات متغیرهای مورد استفاده در گروه‌های عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و انسانی و مدیریتی به ترتیب در جدول‌های ۲ تا ۵ آمده است. با توجه به متغیرها و عوامل مورد استفاده نقشه‌های ESAI در مقاطع ۱۳۶۵، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳ حوزه آبخیز شازند به صورت ارائه شده در شکل ۲ تهیه و مقادیر متوسط عوامل چهارگانه و نقشه حساسیت به تخریب زمین و درصد مساحت طبقات هشت‌گانه نقشه‌های ESAI به تفکیک مقاطع زمانی به ترتیب در جدول‌های ۶ و ۷ ارائه شده است. نقشه‌های درصد تغییرپذیری ESAI در دوره‌های

(۲۰۱۳) و میزان تطابق کاربری^۱ (Sokuti Osquei و Farshad، ۲۰۰۰) و درصد تغییرات سالانه مغایرت‌ها در نظر گرفته شد.

پس از تهیه هر متغیر در چهار مقطع زمانی، نظر به دامنه متفاوت، بزرگی اعداد و واحدهای متغیرهای مورد بررسی، ابتدا مقادیر آن‌ها در دامنه یک تا دو (Ferrara و همکاران، ۲۰۱۲؛ Zehtabian و همکاران، ۲۰۰۷) مدنظر قرار گرفت. امتیاز یک برای مناطق بدون خطر تخریب و امتیاز دو برای مناطق با بالاترین حساسیت به تخریب مد نظر قرار گرفت. تنظیم طبقات و امتیازدهی هر متغیر در دامنه یک تا دو بر اساس سوابق مرتبط (Basso و همکاران، ۲۰۰۰؛ Contador و همکاران، ۲۰۰۹)، هیستوگرام تغییرات، کمینه و بیشینه مقادیر هر متغیر در مقاطع زمانی مورد مطالعه، شرایط منطقه‌ای و نظر کارشناسی صورت گرفت. سپس با توجه به متغیرهای هر گروه عامل، از طریق میانگین هندسی، مقدار عامل‌های چهارگانه محاسبه شد. در نهایت پهنه‌بندی حوزه آبخیز شازند بر اساس ESAI، از طریق ترکیب لایه‌های عوامل مورد استفاده و بر اساس مسیر بیان شده در محیط نرم‌افزار ArcGIS صورت گرفته و در ادامه مقادیر ESAI در چهار طبقه از کم تا زیاد تقسیم، به صورت شرایط بدون مشکل^۲، در معرض تخریب^۳، شکننده^۴ و بحرانی^۵ (Salvati و Carlucci، ۲۰۱۳) طبقه‌بندی شدند. در بررسی کامل‌تر، هر یک از طبقات شکننده و بحرانی به سه زیر طبقه به شرح جدول ۱ (Contador و همکاران، ۲۰۰۹) تقسیم و نقشه حساسیت به تخریب در مقاطع زمانی مورد نظر تهیه شد.

تغییرپذیری حساسیت به تخریب زمین در مقاطع مختلف زمانی: به منظور تحلیل تغییرپذیری حساسیت به تخریب زمین، از آشکارسازی تغییرات^۶ ESAI در دوره‌های زمانی مختلف استفاده شد. با این رویه، ضمن مشخص نمودن وضعیت مناطق مختلف از

¹ Land use compatibility

² Non affected

³ Potentially affected

⁴ Fragile

⁵ Critical

⁶ Change detection

شکل ۳ و مساحت طبقات آن در جدول ۸ آمده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی مقادیر ESAI در نقشه‌های حساسیت به تخریب زمین (Contador و همکاران، ۲۰۰۹)

طبقه ESAI	نام اختصار	دامنه هر طبقه
بدون مشکل	NA	ESAI < ۱/۱۷۵
در معرض تخریب	PA	۱/۲۲۵ > ESAI > ۱/۱۷۵
شکنده ۱	F1	۱/۲۶۵ > ESAI > ۱/۲۲۵
شکنده ۲	F2	۱/۳۲۵ > ESAI > ۱/۲۶۵
شکنده ۳	F3	۱/۳۷۵ > ESAI > ۱/۳۲۵
بحرانی ۱	C1	۱/۴۱۵ > ESAI > ۱/۳۷۵
بحرانی ۲	C2	۱/۵۲۵ > ESAI > ۱/۴۱۵
بحرانی ۳	C3	۱/۵۲۵ < ESAI

جدول ۲- طبقات و امتیازات ESAI عوامل اقلیمی

امتیاز	طبقات	متغیر
۱	> ۶۵۰	میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر)
۱/۲	۶۵۰ - ۴۲۰	
۱/۵	۴۲۰ - ۳۶۰	
۲	۳۶۰ >	
۱	> ۰/۱۷۵	شاخص خشکی Transeau (میلی‌متر بر میلی‌متر)
۱/۲	۰/۱۶۵ - ۰/۱۷۵	
۱/۵	۰/۱۵۰ - ۰/۱۶۵	
۲	۰/۱۵۰ >	
۱	۴ >	شاخص فرسایش باران (مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت)
۱/۲	۵ - ۴	
۱/۵	۶ - ۵	
۲	> ۶	
۱	NW-NE-N-W-Flat	جهت شیب
۲	SW-SE-S-E	

جدول ۳- طبقات و امتیازات ESAI عوامل زمین‌شناسی و خاکی

امتیاز	طبقات	متغیر
۱	۴۰ >	شدت فرسایش (USBLM)
۱/۳	۶۰ - ۴۰	
۱/۶	۸۰ - ۶۰	
۲	> ۸۰	
۱	۸ - ۰	شیب (درصد)
۱/۲	۱۲ - ۸	
۱/۵	۲۵ - ۱۲	
۲	> ۲۵	
۱	۱ و ۲	حساسیت سازندها به فرسایش
۱/۳	۳ و ۴ و ۵	
۱/۷	۶	
۲	۷	

جدول ۴- طبقات و امتیازات ESAI عامل پوشش گیاهی

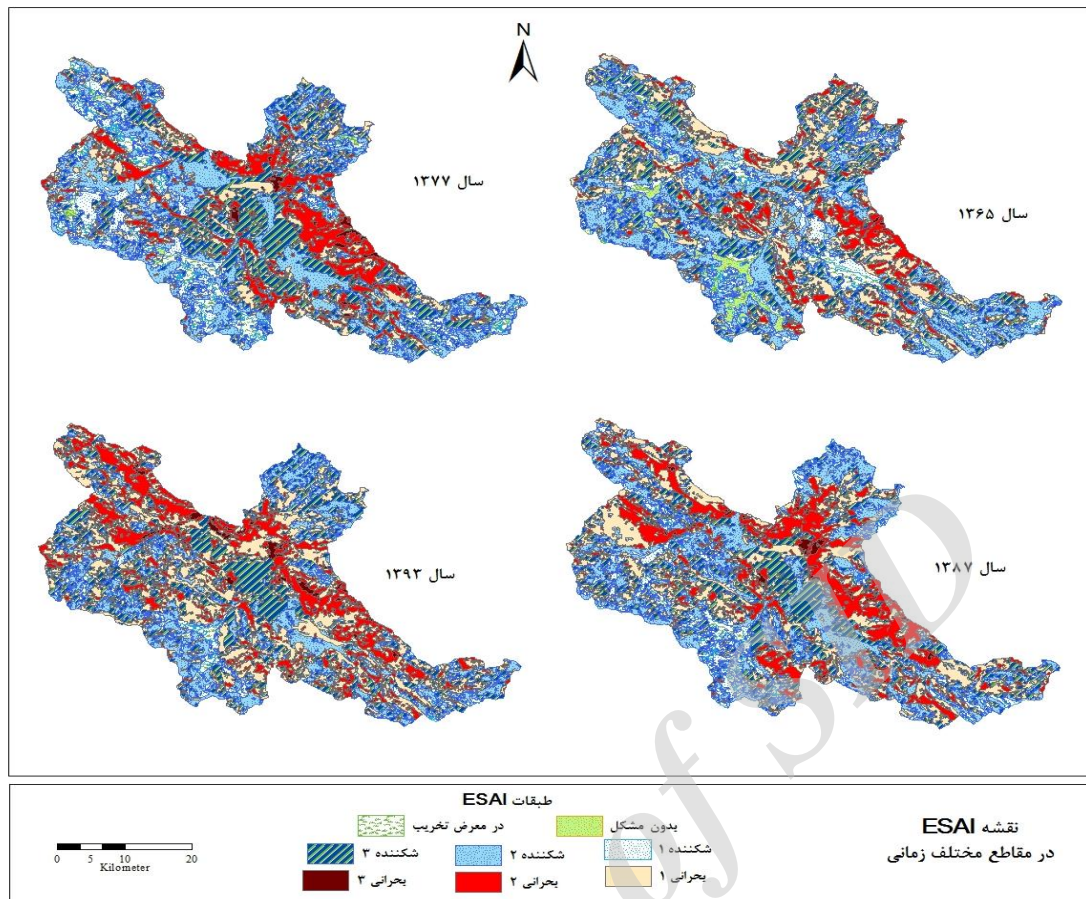
امتیاز	طبقات	متغیر
۱	۰/۳۸>	عامل مدیریت پوشش گیاهی (C)
۱/۱	۰/۴۱ - ۰/۳۸	
۱/۳	۰/۴۳ - ۰/۴۱	
۱/۵	۰/۴۵ - ۰/۴۳	
۱/۷	۰/۴۷ - ۰/۴۵	
۲	>۰/۴۷	

جدول ۵- طبقات و امتیازات ESAI عوامل انسانی و مدیریتی

امتیاز	طبقات	متغیر
۱	۱۰>	تراکم جمعیت (نفر بر کیلومتر مربع)
۱/۱	۲۰-۱۰	
۱/۲	۳۰-۲۰	
۱/۴	۵۰-۳۰	
۱/۶	۷۵-۵۰	
۲	>۷۵	
۱	۰/۵>	رشد جمعیت (درصد)
۱/۱	۱-۰/۵	
۱/۲	۱/۵-۱	
۱/۴	۲-۱/۵	
۱/۶	۳-۲	
۲	>۳	
۱	۱۰>	مغایرت کاربری اراضی (درصد مساحت)
۱/۳	۱۸-۱۰	
۱/۶	۲۵-۱۸	
۲	>۲۵	
۱	۱>	تغییر سالانه مغایرت کاربری اراضی (درصد)
۱/۱	۲-۱	
۱/۲	۳-۲	
۱/۴	۴-۳	
۱/۶	۸-۴	
۲	>۸	

جدول ۶- مقادیر متوسط عوامل چهارگانه و نقشه حساسیت به تخریب زمین در مقاطع مختلف زمانی

عوامل	۱۳۶۵	۱۳۷۷	۱۳۸۷	۱۳۹۳
اقلیمی	۱/۳۴۲	۱/۳۱۶	۱/۳۵۳	۱/۳۶۷
زمین شناسی و خاکی	۱/۳۱۶	۱/۲۹۱	۱/۴۲۲	۱/۴۵۷
پوشش گیاهی	۱/۳۲۱	۱/۲۷۶	۱/۳۷۲	۱/۳۴۳
انسانی و مدیریتی	۱/۲۵۲	۱/۴۴۰	۱/۳۳۸	۱/۳۸۰
ESAI	۱/۳۰۱	۱/۳۴۷	۱/۳۶۳	۱/۳۷۹



شکل ۲- نقشه‌های ESAI در مقاطع زمانی مختلف در حوزه آبخیز شازند

جدول ۷- درصد مساحت طبقات ESAI در مقاطع مختلف زمانی

طبقات ESAI								مقاطع زمانی
C3	C2	C1	F3	F2	F1	PA	NA	
۰/۱۳	۴/۳۲	۱۲/۱۲	۲۱/۹۵	۲۹/۹۸	۱۲/۷۶	۱۲/۷۴	۶/۰۰	۱۳۶۵
۱/۹۳	۱۴/۹۷	۱۶/۴۸	۲۵/۰۲	۲۵/۷۲	۱۲/۸۰	۳/۰۳	۰/۰۳	۱۳۷۷
۱/۰۱	۱۹/۳۳	۲۱/۹۸	۲۵/۵۴	۲۳/۰۷	۷/۰۸	۱/۹۵	۰/۰۴	۱۳۸۷
۱/۷۰	۱۹/۸۳	۲۸/۰۰	۲۱/۱۷	۱۸/۹۶	۲/۸۱	۱/۵۲	۰/۰۱	۱۳۹۳

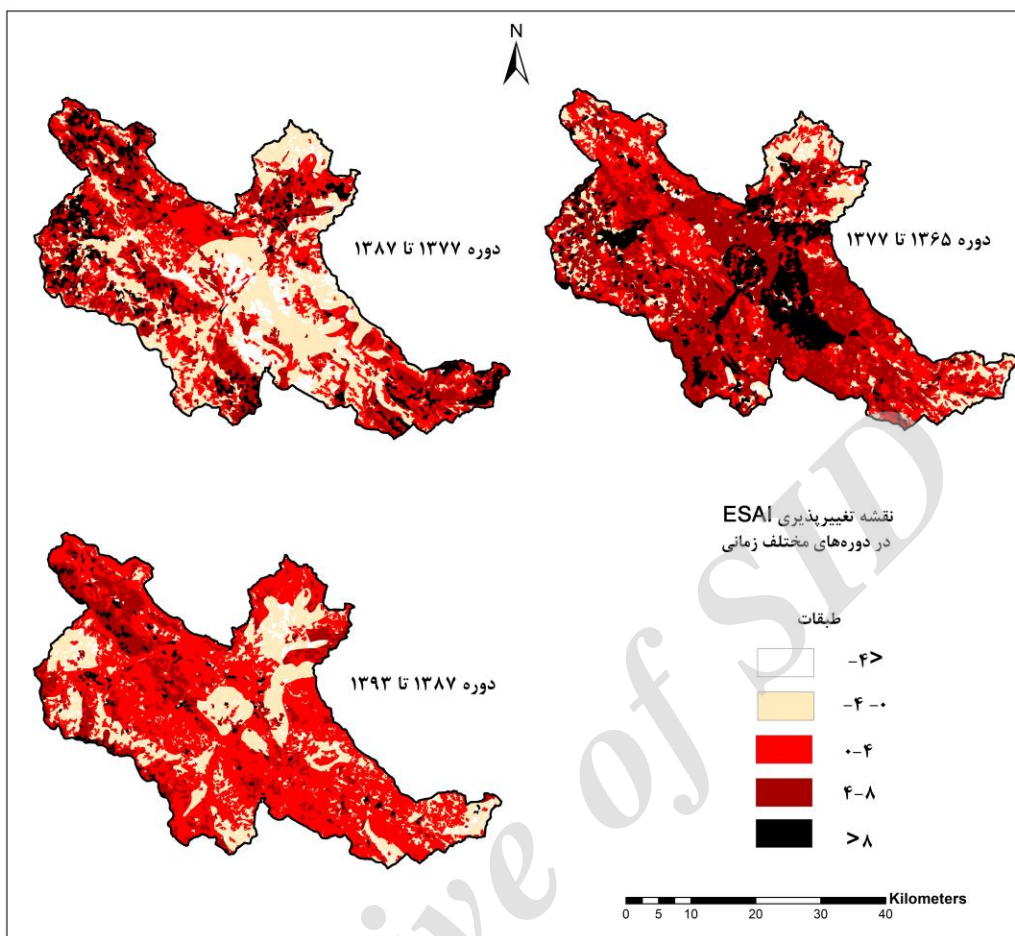
جدول ۸- درصد مساحت طبقات نقشه‌های تغییرپذیری ESAI در دوره‌های مختلف زمانی در حوزه آبخیز شازند

طبقات نقشه‌های تغییرپذیری ESAI (درصد)					دوره مطالعاتی
>۸	۸ تا ۴	۴ تا ۰	۰ تا -۴	<-۴	
۱۲/۰۷۲	۳۷/۷۰۹	۳۱/۷۲۹	۱۵/۶۴۳	۲/۸۴۷	۱۳۶۵ تا ۱۳۷۷
۷/۱۷۹	۱۸/۵۲۴	۲۹/۶۹۵	۳۵/۴۷۹	۹/۱۲۳	۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷
۱/۵۸۸	۱۲/۱۴۹	۵۶/۵۴۸	۲۵/۵۵۷	۴/۱۵۸	۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳

مجدد ESAI در حوزه آبخیز شازند بررسی و نتایج مربوطه در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به تغییرپذیری بیشتر عوامل انسانی و مدیریتی (شکل

تحلیل حساسیت نیز با تغییر افزایشی (پنج، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) و کاهش (پنج، ۱۰ و ۲۰ درصد) گروه عوامل اصلی در مقاطع مختلف زمانی و محاسبه

۴)، تحلیل حساسیت متغیرهای جمعیتی و مدیریتی در قالب شکل ۵ مورد بررسی قرار گرفت.

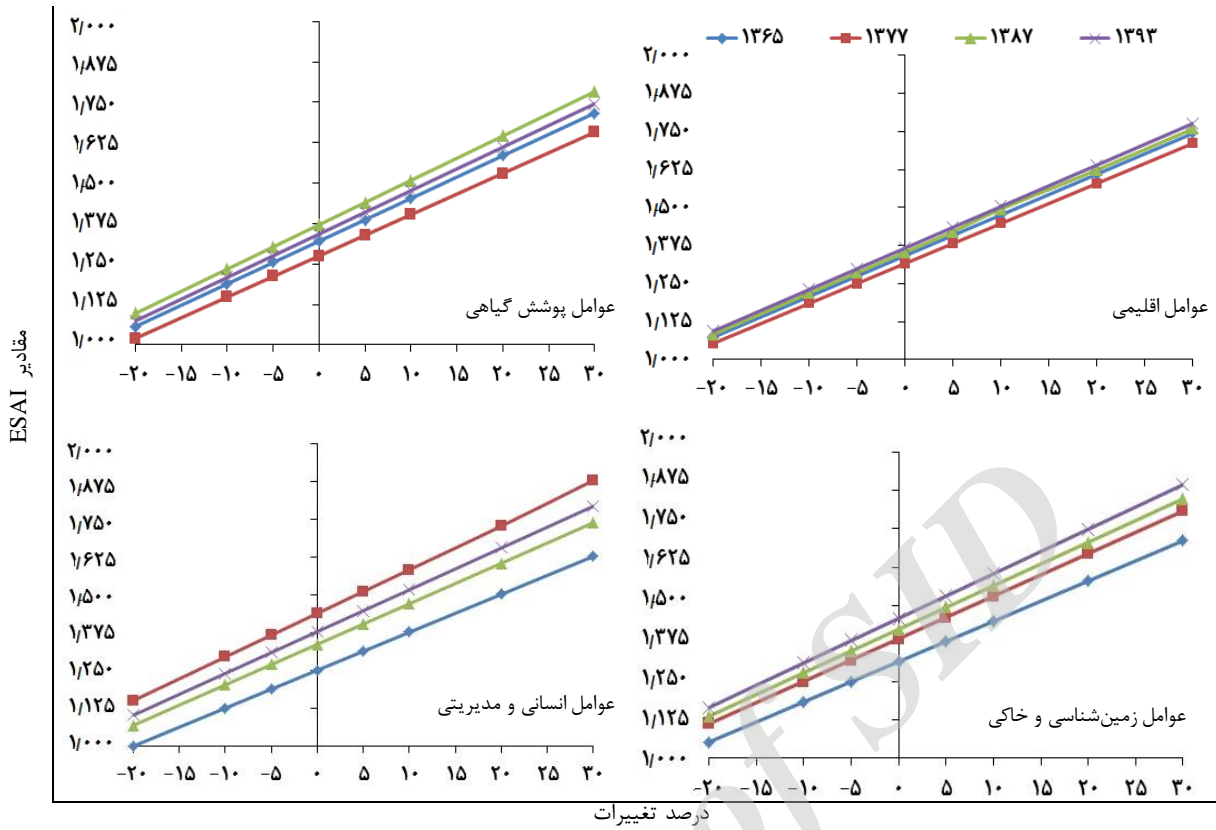


شکل ۳- نقشه‌های درصد تغییرپذیری ESAI در دوره‌های مختلف زمانی در حوزه آبخیز شازند

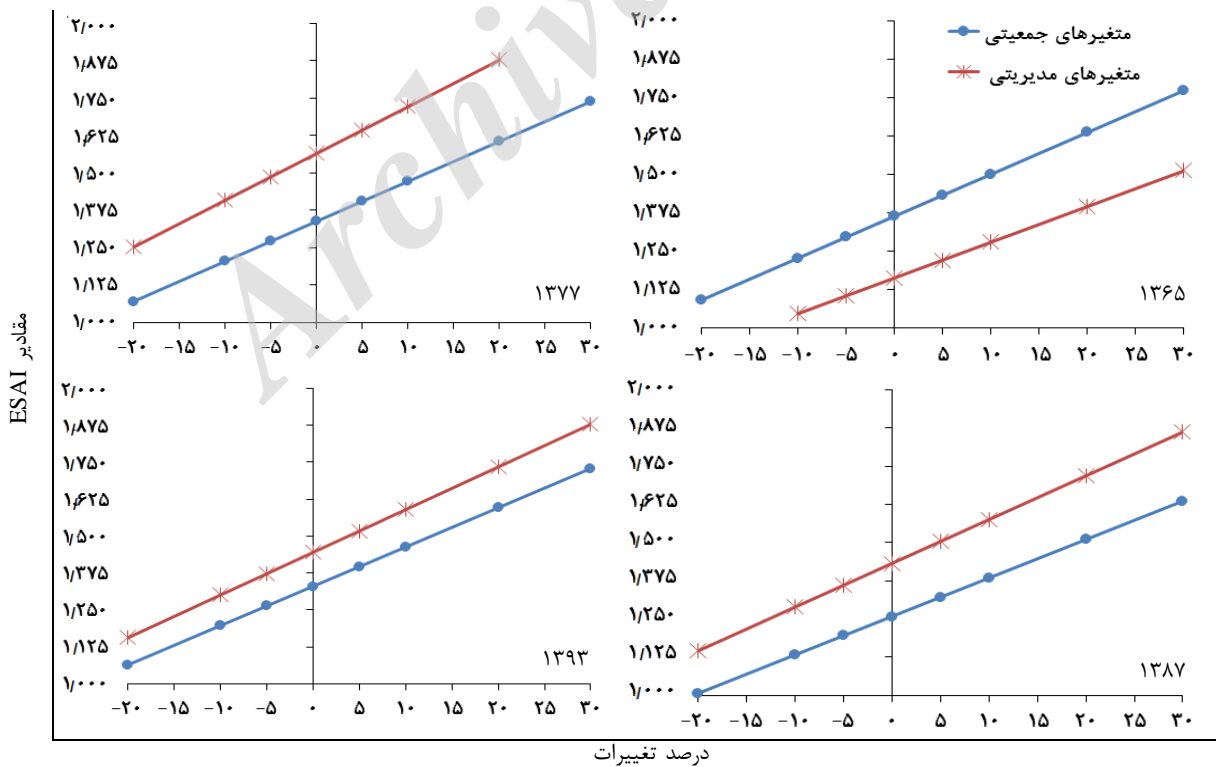
ارائه شده است.

در بررسی دقیق‌تر، از شکل ۲ می‌توان دریافت در ابتدای دوره در مناطق شرقی حوضه که به شهر اراک نزدیک‌تر می‌باشد، تخریب با وضعیت شکننده و بحرانی دیده می‌شود و با گذشت زمان به تدریج توسعه پیدا کرده و قسمت‌های مرکزی و شرق حوضه با تراکم عمده صنایع، شهرک‌های صنعتی و شبکه‌های ارتباطی را نیز در بر گرفته است. همچنین، از ابتدای دوره مطالعاتی به سمت آخر دوره، مشاهده می‌شود که عوامل اقلیمی و پوشش گیاهی با روند تغییرات تقریباً هم‌سو، دارای مقادیر زیر سطح بحرانی (۱/۳۷۵) با کمترین مقدار آن در سال ۱۳۷۷ بوده و مقدار عامل زمین‌شناسی به تدریج افزایش یافته و مقادیر بیشینه عامل انسانی و مدیریتی به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۳ دیده می‌شود (جدول ۶).

در این پژوهش به بررسی روند تخریب زمین در حوزه آبخیز شازند به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی قدیمی در استان مرکزی، پرداخته شد. این حوضه از اواخر دهه هفتاد از نظر صنعتی جایگاه خاصی پیدا کرده و صنایع مهمی در آن مستقر شدند. لذا، با استفاده از ESAI و متغیرهای متناسب با نوع تخریب‌های منطقه و ترکیبی از عوامل طبیعی و انسانی و مدیریتی، حساسیت به تخریب و تغییرپذیری آن در بعد مکانی و زمانی (چهار مقطع زمانی) مورد بررسی قرار گرفته و عوامل مهم و تاثیرگذار بر تغییرات آن مشخص شد که به‌منظور دستیابی به درک مناسبی از روند تغییرات تخریب زمین در حوزه آبخیز شازند، خلاصه‌ای از شرایط منطقه‌ای، وضعیت حساسیت به تخریب زمین، میزان تغییرپذیری آن و نقش عوامل اصلی برای هر دوره زمانی در جدول ۹



شکل ۴- تحلیل حساسیت مقادیر ESAI به چهار گروه عوامل صلی در مقاطع زمانی مختلف



شکل ۵- تحلیل حساسیت مقادیر ESAI به متغیرهای جمعیتی و مدیریتی در مقاطع زمانی مختلف

جدول ۹- خلاصه شرایط منطقه‌ای و تغییرات ESAI با توجه به نقش عوامل اصلی در دوره‌های مختلف زمانی در حوزه آبخیز شازند

دوره	شرایط منطقه‌ای	حساسیت به تخریب زمین	تغییرپذیری ESAI	تغییرات عوامل
۱۳۶۵-۱۳۸۱	ایجاد صنایع و کارخانجات، افزایش جمعیت شهرها	دو برابر شدن مناطق بحرانی در انتهای دوره نسبت به ابتدای آن، به‌ویژه در مناطق مرکزی حوضه	بیش‌ترین افزایش حساسیت به تخریب (نزدیک به ۴۰ درصد منطقه، ۴ تا ۸ درصد)، به‌ویژه در مناطق دشتی	بهبود عامل اقلیمی و پوشش گیاهی و افزایش قابل توجه ارزش عامل زمین‌شناسی، بیش‌ترین نقش عامل انسانی و مدیریتی در ESAI
۱۳۸۱-۱۳۸۷	ایجاد شهرک‌ها و صنایع وابسته، افزایش سطح اراضی کشاورزی آبی و باغ	تبدیل حدود ۱۰ درصد مناطق شکننده به بحرانی و با تمرکز بیش‌تر در دامنه‌ها	کاهش میزان تغییرپذیری و تمرکز بیش از ۹۰ درصد طبقه بالای ۴ درصد در مناطق کوهستانی	افزایش تاثیر عوامل اقلیمی و پوشش گیاهی در افزایش ESAI کاهش نسبی اثر نسبی عامل انسانی و مدیریتی نسبت به ابتدای دوره
۱۳۸۷-۱۳۹۳	گسترش صنایع و شبکه ارتباطی، افزایش سطح اراضی کشاورزی آبی و باغ	حدود نیمی از مساحت منطقه به طبقه بحرانی گرایش پیدا کرده با تمرکز بیش‌تر در مناطق شرقی و ارتفاعات	بیش از ۵۶ درصد تغییرپذیری در طبقه صفر تا ۴ درصد، با توزیع نسبتاً یک‌نواخت در کل منطقه	قرارگیری عوامل زمین‌شناسی (شدت فرسایش) و انسانی و مدیریتی با تاکید بر متغیرهای مدیریتی در سطح بحرانی

گرفته است. همچنین، جدول ۸ نشان می‌دهد که در دوره اول طبقات چهار تا هشت درصد و سپس صفر تا چهار درصد به ترتیب ۳۷/۷۱ و ۳۱/۷۳ درصد منطقه را می‌پوشانند در حالی که در دوره دوم بیش از ۶۵ درصد منطقه در فاصله ۴- تا چهار درصد قرار گرفته و به‌طور کلی نسبت به دوره اول شدت تخریب کاهش یافته ولی مجدداً در دوره سوم شدت تخریب روند تندتری نسبت به دوره دوم داشته، طبقه صفر تا چهار درصد، ۵۶/۵۵ درصد منطقه و پس از آن طبقه ۴- تا صفر درصد ۲۵/۵۶ درصد را به‌خود اختصاص داده است. به‌طور کلی دوره اول شدت تخریبی نسبت به دو دوره دیگر بیشتر و با تمرکز در مناطق دشتی و دوره دوم کمترین شدت تخریب را داشته که تمرکز آن در مناطق شرقی و کوهستانی و بین آن دو دوره سوم می‌باشد که مشخصه مهم این دوره یک‌نواختی روند تخریبی در کل حوضه می‌باشد.

Salvati و همکاران (۲۰۱۴) نیز تغییرپذیری حساسیت به تخریب را در ایتالیا طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰ بررسی نموده و دریافته‌اند که در کل حساسیت به تخریب افزایش یافته و شدت آن در مناطق ساحلی و میانی کشور ایتالیا به سبب تمرکز فعالیت‌های انسانی از قبیل افزایش سطح زمین‌های کشاورزی، توسعه شهرها و رشد جمعیت در کنار عوامل نامساعد اقلیمی بیشتر است. همچنین

به‌طوری که با توجه به تاثیر عوامل چهار گانه در سال ۱۳۶۵ طبقه شکننده ۲ (۲۷/۰۸ درصد)، سال ۱۳۷۷ طبقه شکننده ۲ (۲۵/۷۲ درصد)، سال ۱۳۸۷ طبقه شکننده ۳ (۲۵/۵۴ درصد) و در سال ۱۳۹۳ طبقه بحرانی ۱ (۲۸ درصد)، نسبت به طبقات دیگر مساحت بیش‌تری داشته‌اند (جدول ۷) و به عبارتی حساسیت منطقه به تخریب افزایش یافته است (جدول ۶). Bajocco و Salvati (۲۰۱۱) نیز دریافته‌اند که مناطق شمالی ایتالیا طی ۱۹۶۰ تا ۲۰۸۰ حساسیت به تخریب زمین به سبب افزایش تراکم جمعیت و فعالیت‌های کشاورزی و کاهش مقدار بارندگی، افزایش یافته و در پژوهشی مشابهه Bakr و همکاران (۲۰۱۲) با محاسبه ESAI در دو مقطع زمانی روند حساسیت به تخریب در منطقه‌ای در مصر را بررسی کردند و دریافته‌اند که در سال ۱۹۸۴، ۱۰۰ درصد سطح منطقه حالت بحرانی داشته و در سال ۲۰۰۸ به دلیل افزایش تراکم پوشش گیاهی، به حدود ۷۸ درصد تقلیل یافته است.

نقشه‌های تغییرپذیری تخریب در سه دوره مطالعاتی (شکل ۳) نیز نشان می‌دهد که در دوره اول در بخش‌های میانی حوضه افزایش حساسیت به تخریب بیش‌تر و دوره دوم این شرایط در شرق حوضه و مناطق کوهستانی بوده، در دوره سوم تقریباً بیشتر بخش‌های حوضه در طبقه صفر تا چهار درصد قرار

بارندگی سالانه و شدت تغییر کاربری بیشترین و عمق خاک و جهت شیب کمترین تاثیر را بر تغییرپذیری مقادیر ESAI در حوزه آبخیز Agri در جنوب ایتالیا داشتند. Parvari و همکاران (۲۰۱۱) عوامل مدیریتی و شرایط حاد اقلیمی را در تشدید بیابان‌زایی بستر خشک تالاب هامون در جنوب شرقی ایران و Salvati و Zitti (۲۰۰۹) نیز عوامل انسانی و جمعیتی را در افزایش آسیب‌پذیری زمین به تخریب در بخش مرکزی ایتالیا معرفی کردند.

نتیجه‌گیری

با بهره‌برداری از طبیعت برای تامین نیازهای بشر، توسعه اقتصادی و بهره‌برداری غیرعلمی و غیرمنطقی از منابع، تخریب زمین امری اجتناب‌ناپذیر است و معمولاً زمانی نمود پیدا می‌کند. به عبارتی دیگر، تخریب خالص در شرایطی ایجاد می‌شود که میزان تخریب به‌طور معنی‌داری از ظرفیت بازسازی و احیای زمین فراتر رود. فرایندهای تخریب زمین بعضاً نامحسوس و کند بوده و باعث افزایش آسیب‌پذیری طبیعت می‌شود. لذا، مدیریت صحیح آن مستلزم تحلیل روند تغییرات آن در ابعاد زمان و مکان است. حوزه آبخیز شازند که به استناد شرایط اقلیمی و بارش از دیربگام قطب کشاورزی محسوب می‌شده، بر مبنای تحولات توسعه‌ای از اواسط دهه ۷۰ از نظر صنعتی جایگاه خاصی پیدا کرده و صنایع مهمی در آن به‌وجود آمد. از سوی دیگر، با وجود محرک‌هایی مانند حفظ و گسترش بخش کشاورزی و جلوگیری از مهاجرت روستاییان به شهرها، بهره‌برداری بی‌حد و حصر از منابع آب و خاک شدت گرفته و باعث شده تا منطقه از نظر تخریب زمین جنبه‌های متفاوتی در پی داشته باشد. از این‌رو، در این پژوهش روند تخریب زمین بر اساس شاخص منطقه حساس محیطی به‌منظور دستیابی به الگوی مدیریتی صحیح در این حوضه در مقاطع زمانی متفاوت و حدوداً منطبق بر دوره‌های تغییر بررسی شد.

نتیجه این بررسی نشان داد که به‌طور کلی روند تخریب در منطقه فزاینده بوده و در دوره‌های منتهی به سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۳ با شدت بیشتری صورت گرفته و به‌عبارتی دوره‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۷ و ۱۳۸۷ تا

Smiraglia و همکاران (۲۰۱۶) در همین دوره تغییرات حساسیت به تخریب در دو منطقه در ایتالیا را مقایسه نموده و دریافته‌اند که در منطقه Fortore ناپایداری ژئومورفولوژیکی و تشدید فرسایش خاک و در منطقه Valpadana گسترش شهرها و زمین‌های کشاورزی در تغییرات فرآیند تخریب زمین نقش به‌سزایی داشته‌اند.

روند تخریب منطقه و تغییرات آن در منطقه، لزوم بررسی و تحلیل حساسیت و شناخت عوامل تاثیرگذار را بیشتر می‌کند. همان‌طور که از شکل ۴ مشهود است، مقادیر ESAI، حساسیت چندانی نسبت به تغییرات عوامل اقلیمی و پس از آن عوامل پوشش گیاهی نشان ندادند و دو گروه عوامل مذکور در سال ۱۳۷۷ وضعیت مساعدتری نسبت به سال‌های دیگر داشتند. وضعیت میانگین بارش حوضه نشان می‌دهد که در این دوره بارندگی شرایط مناسبی داشته (Davudirad و همکاران، ۲۰۱۶) و از سوی دیگر عوامل پوشش گیاهی مبتنی بر NDVI از بارندگی تبعیت کرده و طبعاً نقش مهمی در تعدیل مقادیر ESAI یا شرایط تخریبی منطقه داشته است (Panagos و همکاران، ۲۰۱۵؛ Guerra و همکاران، ۲۰۱۶). پس از این دو گروه عوامل زمین‌شناسی و خاکی قرار می‌گیرند.

با بررسی متغیرهای عوامل تشکیل‌دهنده این گروه، کاملاً مشهود است که شیب و حساسیت سازند به فرسایش در مقاطع مختلف ثابت بوده که مقدار آن‌ها به‌ترتیب ۱/۴۵ و ۱/۵۷ و مقادیر شدت فرسایش متغیر می‌باشد. لذا شرایط نامساعد محیطی در تشدید این گروه از عوامل نقش مهمی دارد. در نهایت مقادیر ESAI بیشترین حساسیت را به گروه عوامل گروه عوامل انسانی و مدیریتی داشتند (شکل ۴). لذا، این گروه در قالب عوامل جمعیتی و مدیریتی مشتمل بر تراکم و میزان رشد سالانه جمعیت و مغایرت کاربری مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۵). با بررسی شکل به‌وضوح می‌توان دریافت که عوامل مدیریتی به‌ویژه پس از سال ۱۳۶۵ اثرگذاری بیشتری داشته و به‌عنوان اثرگذارترین عامل مطرح می‌شود. در این رابطه

Ferrera و همکاران (۲۰۱۲) دریافته‌اند که گروه عوامل اقلیمی و مدیریتی و متغیرهای شاخص خشکی،

در مسیر مدیریت تخریب زمین، استفاده بهینه از شرایط طبیعی منطقه مانند شرایط اقلیمی و بارش از طریق عامل پوشش گیاهی (با امکان دستیابی و مدیریت بیشتر در تعدیل تخریب) و با اولویت بیشتر در مناطق شکننده می‌باشد. همچنین هر برنامه مدیریتی و توسعه‌ای در منطقه باید بر مبنای قابلیت و پتانسیل اراضی و کاهش فشار و دست‌کاری مناطق با شدت تخریبی بیشتر صورت گیرد. اگرچه انجام مطالعات تفصیلی‌تر در دوره‌های طولانی‌تر و مبتنی بر عوامل جامع‌تر برای ارائه جمع‌بندی نهایی ضروری است.

۱۳۹۳ بیشترین حساسیت به تخریب را داشته‌اند. تحلیل حساسیت نیز نشان داد که عامل اقلیمی و پس از آن عامل مدیریت پوشش گیاهی متاثر از شرایط بارشی، نقش تعدیل کننده تخریب را عهده‌دار بوده، حال آن‌که دست‌کاری و تغییرات نابجای کاربری اراضی که از مهم‌ترین مصادیق و عوامل تخریب زمین معرفی می‌شود، تخریب زمین را تشدید نموده و وضعیت فعلی منطقه را رقم زده است. عوامل جمعیتی نیز هرچند تاثیرگذار بوده‌اند ولی به نظر می‌رسد در مقیاس شهری نمود بیشتری داشته و در کل میزان جمعیت در تشدید تخریب، عامل مستقیم و مهمی منظور نمی‌شود. بنابراین در حوزه شازند مبنای اولیه

منابع مورد استفاده

- Alexandridis, T.K., A.M. Sotiropoulou, G. Bilas, N.K. Arapetsas and N.G. Silleos. 2015. The effects of seasonality in estimating the C-factor of soil erosion studies. *Land Degradation and Development*, 26(6): 593-603.
- Ali, R. and R. El Baroudy. 2009. Use of GIS in mapping the environmental sensitivity to desertification in Wadi El Natrun depression, Egypt. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(1): 157-164.
- Arami, A.H., M. Ownegh and V.B. Sheikh. 2014. Assessment of desertification hazard by using the 9 criteria IMDPA model in Semi-arid Agh-Band region, Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 21(2): 153-172 (in Persian).
- Bahreini, F. and A. Pahlavanravi. 2013. Assess and mapping the environmental sensitivity to desertification (a case study in Boushehr Province, Southwest IRAN). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(18): 2172-2183.
- Bakhshanemehr, L., S. Soltani and A. Sepehr. 2013. Assessment of the desertification in current state and modify the MEDALUS model in Sagzy Plain of Esfahan. *Journal of Rangeland and Watershed Management*, 66(1): 27-41 (in Persian).
- Bakr, N., D. Weindorf, M. Bahnassy and M. El-Badawi. 2012. Multi-temporal assessment of land sensitivity to desertification in a fragile agro-ecosystem: Environmental indicators. *Ecological Indicators*, 15: 271-280.
- Basso, F., E. Bove, S. Dumontet, A. Ferrara, M. Pisante, G. Quaranta and M. Taberner. 2000. Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy). *Catena*, 40: 19-35.
- Contador, L.J.F., S. Schnabel, A. Gómez Gutiérrez and M. Pulido Fernández. 2009. Mapping sensitivity to land degradation in Extremadura, SW Spain. *Land Degradation and Development*, 20: 129-144.
- Darabi, H., K. Shahedi, K. Solaimani and M. Miryaghoubzadeh. 2014. Prioritization of subwatersheds based on flooding conditions using hydrological model, multivariate analysis and remote sensing technique. *Water and Environment Journal*, 28: 382-392.
- Davudirad, A.A., S.H.R. Sadeghi and A. Sadoddin. 2016. The Impact of development plans on hydrological changes in the Shazand Watershed, Iran. *Land Degradation and Development*, 27(4): 1236-1244.
- Dimobe, K., A. Ouédraogo, S. Soma, D. Goetze, S. Porembski and A. Thiombiano. 2015. Identification of driving factors of land degradation and deforestation in the Wildlife Reserve of Bontioli (Burkina Faso, West Africa). *Global Ecology and Conservation*, 4: 559-571.
- Farshad, A. 2011. Mapping units in degradation/conservation-oriented Studies. *International Journal of Natural Resources and Marine Sciences*, 1(2): 125-145.

13. Ferrara, A., L. Salvati, A. Sateriano and A. Nole. 2012. Performance evaluation and costs assessment of a key indicator system to monitor desertification vulnerability. *Ecological Indicators*, 23: 123–129.
14. Grainger, A. 2015. Is land degradation neutrality feasible in dry areas? *Journal of Arid Environments*, 112: 14-24
15. Guerra, C.A., J. Maes, I. Geijzendorffer and M.J. Metzger. 2016. An assessment of soil erosion prevention by vegetation in Mediterranean Europe: Current trends of ecosystem service provision. *Ecological Indicators*, 60: 213-222.
16. Karimi, H., H. Fathizad, M. Tavakoli, M. Bazgir and P. Graee. 2013. Evaluation the efficiency of MUSLE model in sediment load estimation resulting from individual rain events in Doviraj River Sub-Basins, Ilam Province. *Quarterly Journal of Environmental Erosion Researches*, 11: 39-54 (in Persian).
17. Liniger, H., G. Lynden, F. Nachtergaele and G. Schwilch. 2008. A Questionnaire for mapping land degradation and sustainable land management. CDE/WOCAT, FAO/LADA, ISRIC, <http://www.wocat.net>. 45 Pages.
18. Marull, J., J. Pino, J.M. Mallarach, and M.J. Cordobilla. 2007. A land suitability index for strategic environmental assessment in metropolitan areas. *Landscape and Urban Planning*, 81: 200–212.
19. Muleta, M.K. and J.W. Nicklow. 2005. Sensitivity and uncertainty analysis coupled with automatic calibration for a distributed watershed model. *Journal of Hydrology*, 306(1-4): 127-145.
20. Nachtergaele, F., R. Biancalani, S. Bunning and H. George. 2010. Land degradation assessment: the LADA approach. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1–6 August, Brisbane, Australia: 72-75.
21. Panagos, P., P. Borrelli, K. Meusburger, C. Alewell, E. Lugato and L. Montanarella. 2015. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land Use Policy*, 48: 38-50.
22. Parvari, S.H., A. Pahlavanravi, A.R. Moghadamnia, A. Dehvari and D. Parvari. 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.
23. Rayegani, B., G.R. Zehtabian and S. Barati. 2013. Surveying of Iranian model of desertification potential assessment. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 2(4): 73-99 (in Persian).
24. Sadeghi, S.H.R. 2005. A semi-detailed technique for soil erosion mapping based on BLM and satellite image applications. *Journal of Agricultural Sciences and Technology (JAST)*, 7(3&4): 133-142.
25. Sadeghi, S.H.R., A.A. Davudirad and A. Sadoddin. 2014. Introduction and application of adaptive management concept and zero balance approach in reducing land degradation. *Journal of Extension and Development of Watershed Management*, 2(7): 37-42 (in Persian).
26. Sadeghi, S.H.R. and S. Tavangar. 2015. Development of stational models for estimation of rainfall erosivity factor in different timescales. *Natural Hazards*, 77: 429–443.
27. Salvati, L. and M. Zitti. 2009. Substitutability and weighting of ecological and economic indicators: Exploring the importance of various components of a synthetic index. *Ecological Economics*, 68: 1093–1099.
28. Salvati, L. and M. Carlucci. 2010. Estimating land degradation risk for agriculture in Italy using an indirect approach. *Ecological Economics*, 69: 511–518.
29. Salvati, L. and S. Bajocco. 2011. Land sensitivity to desertification across Italy: Past, present and future. *Applied Geography*, 31: 223-231.
30. Salvati, L., I. Tombolini and L. Perini. 2013. Landscape changes and environmental quality: the evolution of land vulnerability and potential resilience to degradation in Italy. *Regional Environmental Change*, 13: 1223–1233.
31. Salvati, L., D. Smiraglia, S. Bajocco, T. Ceccarelli, M. Zitti and L. Perini. 2014. Map of long-term changes in land sensitivity to degradation of Italy. *Journal of Maps*, 10(1): 65-72.
32. Silakhori, E., M. Onegh, A. Sadoddin and E. Filekesh. 2014. Comparing efficiency of Iranian desert hazard assessment models, namely MICD and IMDPA (case study: Sabzevar Region). *Journal of Water and Soil Conservation*, 21(4): 1-28 (in Persian).
33. Smiraglia, D., T. Ceccarelli, S. Bajocco, L. Salvati and L. Perini. 2016. Linking trajectories of land change, land degradation processes and ecosystem services. *Environmental Research*, 147: 590-600.
34. Sokuti Osquei, R. and A. Farshad. 2000. Proposed an appropriate method to assessment sustainable use of land, 2th National Conference on Erosion and Sediment, Lorestan University, 27-29 August: 177-184 (in Persian).

35. UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2012. Policy Brief: Zero net land degradation. UNCCD, Bonn. [http://www.unccd.int /Lists/Site Document Library /Rio20 /UNCCD_PolicyBrief_Zero Net Land Degradation.pdf](http://www.unccd.int/Lists/Site_Document_Library/Rio20/UNCCD_PolicyBrief_Zero_Net_Land_Degradation.pdf) (accessed at June 2014.), 32 Pages.
36. Williams, B.K., R.C. Szaro and C.D. Shapiro. 2009. Adaptive management. The U.S. Department of the Interior Technical Guide. Adaptive Management Working Group, U.S. Department of the Interior, Washington, DC, 84 Pages.
37. Zehtabian, Gh.R., H. Ahmadi, M.R. Ekhtesasi and H. Khosravi. 2007. Calibration of MEDALUS model to present regional model for desertification intensity (case study: Kashan). Journal of the Iranian Natural Researches, 60(3): 727-744 (in Persian).

Archive of SID

Trend of changes in land degradation index in Shazand Watershed, Markazi Province

Seyed Hamidreza Sadeghi^{*1}, Aliakbar Davudirad², Amir Sadoddin³ and Shahla Paimozd⁴

¹ Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran, ² PhD Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran, ³ Associate Professor, Department of Range Land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran and

⁴ Assistant Professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Arak University

Received: 09 July 2016

Accepted: 26 November 2016

Abstract

Today, land degradation is inevitable due to growing population and corresponding demands, and also economic development, unscientific and illogical utilization of resources. Monitoring and identification of factors affecting is therefore essential for controlling and management of land degradation in an area. However, such important issues have been less considered by experts and managers. To this end, the present study aimed to analyze the trend and identifying the important affecting factors on land degradation in the Shazand Watershed, Iran, based on the Environmental Sensitive Area Index (ESAI) for significant changes due to a variety of uses, management and industrial development from 1986 to 2014. According to the ESAI maps in five year nodes of 1986, 1998, 2008 and 2014, some 16.56, 33.39, 42.32 and 49.52 percent of the study area were in critical condition of land degradation, respectively. Based on the results, the process of land degradation in the region was increasing and land degradation was considerable in the periods leading up to 1998 and 2014. The sensitivity analysis on factors influencing land degradation in the study area also revealed that the role of vegetation, anthropogenic and managerial factors on ESAI changes were more than other factors and therefore could moderate or intensify the land degradation.

Key words: Adaptive management, Environmental Sensitive Area Index, Land degradation sensitivity, Land use planning, Vegetation management

* Corresponding author: sadeghi@modares.ac.ir