



بررسی پتانسیل فرسایش خاک با دخالت سنجه‌های سیمای سرزمین
مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگللو، استان اردبیل

اباذر اسمعلی‌عوری*¹، فاطمه کاتب²

1- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری و عضو پژوهشکده‌ی مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
2- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تأیید نهایی مقاله: 1399/09/20

وصول مقاله: 1399/06/11

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و الگوی فرسایش خاک در حوزه‌ی آبخیز شریف بیگللو استان اردبیل برنامه‌ریزی شد. در این راستا، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Fragstats 4.2.1، 9 سنجه سیمای سرزمین شامل تراکم لکه (PD)، شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI)، حاشیه کل (TE)، تراکم حاشیه (ED)، شاخص شکل لکه (LSI)، میانگین اندازه لکه (AREA-MN)، میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه‌ی اقلیدسی (ENN-MN)، شاخص گسستگی سیما (DIVISION)، شاخص تکه‌شدگی (SPLIT) مورد محاسبه قرار گرفت. سپس شدت فرسایش خاک منطقه با استفاده از مدل پتانسیل فرسایش (EPM) با عملکرد قابل قبول بر اساس مطالعات پیشین برآورد شد. در ادامه نتایج حاصل از محاسبه‌ی سنجه‌ها و شدت فرسایش خاک وارد نرم‌افزار SPSS شده و رابطه‌ی معنی‌داری حاکم بر آن‌ها تعیین شد. نتایج نشان داد که در حوضه‌ی مورد مطالعه کاربری کشاورزی دارای فرسایش زیاد، کاربری‌های مرتع و باغ فرسایش متوسط، مسکونی فرسایش کم و بدنه آبی دارای فرسایش جزئی می‌باشد. در سطح سیما، برای حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگللو میزان تعداد لکه 49، تراکم لکه 1/15، شاخص بزرگ‌ترین لکه 80/64، حاشیه کل 75508/008، تراکم حاشیه 17/75، شاخص شکل لکه 4/56، میانگین اندازه‌ی لکه 86/79، گسستگی سیما 0/34 و تکه‌شدگی 1/52 محاسبه شد. در سطح کلاس، میزان تکه‌تکه‌شدگی در بدنه آبی بالاترین مقدار است. لذا می‌توان نتیجه گرفت ارتباط آن با مجموعه‌هایشان قطع شده است که در نهایت با دخالت تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین، مطالعه‌ی فرسایش خاک نیز به شکل بهتری به انجام رسید به طوری که نقشه‌ی پتانسیل فرسایش نشان داد که مناطق با شدت فرسایش بالا متأثر از شاخص‌های سنجه به کار رفته و خصوصیات هیدروژئومورفولوژی به کار گرفته شده است.

کلمات کلیدی: کاربری اراضی، تخریب زمین، سیمای سرزمین، EPM، حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگللو

1- مقدمه

در سال‌های اخیر، نگرانی‌ها در مورد تأثیر تغییر الگوهای استفاده از اراضی ناشی از جنگل‌زدایی و توسعه یا حذف کشاورزی باعث ایجاد بحران در کیفیت منابع آب و خاک شده است (لام¹ و همکاران، 2018). تغییرات کاربری اراضی که ناشی از فعالیت‌های انسانی همچون جنگل‌زدایی، کشاورزی، رشد شهری و فعالیت‌های دیگر است که می‌تواند پیامدهای گسترده و بلندمدتی را نظیر کاهش تنوع زیستی، افزایش رواناب‌های سطحی، فرسایش خاک، افزایش گازهای گلخانه‌ای، بالا رفتن دمای کره زمین و تغییر تعادل انرژی در سطح زمین را موجب شود (مختاری و همکاران، 1398). بدون شک، تمام فعالیت‌های انسانی در طبیعت سرانجام منجر به تغییر کاربری اراضی می‌شود. در طول سه دهه گذشته، ایجاد نیازهای بشر منجر به افزایش چشم‌گیر تغییرات و خسارات کاربری اراضی شده است (حزبوی و همکاران، 1397). از این رو به منظور جلوگیری از وقوع بحران‌ها در آینده و استفاده پایدار از زمین، مدیریت و برنامه‌ریزی در حوضه‌ی منابع طبیعی و محیط زیست پیش از گذشته اهمیت و لزوم تهیه اطلاعات دقیق در رابطه با تغییرات کاربری‌ها را مشخص می‌نماید. آشکارسازی روند این تغییرات ابزاری مناسب برای مدیران و برنامه‌ریزان جهت جبران خسارات و جلوگیری از اشتباهات گذشته می‌باشد (مختاری و همکاران، 1398). مفهوم عام واژه سیمای سرزمین در واقع به معنی سطحی از زمین است که لکه‌های مختلفی را در بر دارد و با عنوان "موزاییکی از لکه‌ها"² یا "موزاییک عناصر سیمای سرزمین"³ نامیده می‌شود. متریک‌های سیمای سرزمین به شاخص‌های توسعه‌یافته برای یافتن الگوی نقشه‌های طبقه‌بندی شده می‌گویند (کرمی و همکاران، 1391).

سیمای سرزمین با تمرکز بر روی نقشی که انسان‌ها در ایجاد و تأثیرگذاری بر الگوها و فرآیندهای اکوژیک ایفا می‌کنند، نیز می‌تواند تعریف شود. از این رو باید اشاره شود که در محیط‌های که انسان غالب باشد، همواره به دنبال تغییر در سیمای آن محیط‌ها بوده، که در واقع فضاهای غیرطبیعی را جایگزین فضاهای طبیعی می‌کند. این ویژگی جایگزینی فضاها سبب ناپایداری محیط زیست شده است (نظرنژاد و همکاران، 1397). بنابراین ارزیابی تغییرات سیمای سرزمین منعکس‌کننده‌ی استفاده‌ی انسان از زمین به‌عنوان ابزاری پویا جهت برنامه‌ریزی پایدار برای استفاده از اراضی می‌باشد (کرمی و همکاران، 1394). سنجش‌های سیمای سرزمین می‌تواند به‌عنوان شاخص‌های کمی که ساختار و الگوی سیمای سرزمین را توصیف می‌کنند تعریف شوند (هارولد⁴ و همکاران، 2002)، و شاخص‌هایی هستند که خصوصیت شکل و ماهیت پراکنش و توزیع

1- Lam

2- Mosaics of patches

3- Mosaics of patches Landscape elements

4- Harold

اجزای ساختاری سیمای سرزمین را قابل تعریف و به صورت کمی قابل مقایسه می‌سازد (میلا^۱ و همکاران، 2015).

معیارهای سنجه سیمای سرزمین بهترین روش برای مقایسه وضعیت سیمای سرزمین و کاربری‌های مختلف زمین می‌باشد (آکین^۲ و همکاران، 2013؛ وانگ^۳ و همکاران، 2014). استفاده از معیارهای سیمای سرزمین نقش مهمی در تعیین ویژگی‌های مختلف انواع کاربری اراضی نسبت به یکدیگر دارد. علاوه بر این، معیارهای سیمای سرزمین می‌تواند به نظارت بهتر بر تأثیر تغییرات کاربری اراضی در فرآیندهای هیدرولوژیکی و چرخه مواد مغذی کمک کند (نوگر^۴ و همکاران، 2015). یکی از نتایج مهم تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی در دراز مدت فرسایش خاک می‌باشد. فرسایش خاک یک مشکل جهانی در قرن حاضر است. طبق گزارش ارائه شده توسط فائو سالانه ۳ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی به دلیل فرسایش از دست می‌روند. کل حجم رسوب سالیانه حوضه باید به منظور پروژه‌های حفاظت خاک، روش‌های کنترل فرسایش و کاهش رسوب و همچنین حجم سدهای مخزنی مورد ارزیابی قرار گیرد. برآورد فرسایش، رسوب سالانه و تهیه‌ی چشم‌انداز فرسایش خاک به منظور کنترل فرسایش خاک و عملکرد مکانیکی و بیولوژیکی ضروری است. روش‌های مستقیم و غیرمستقیم دو ابزار کلی برای اندازه‌گیری فرسایش خاک هستند. در روش مستقیم، نرخ فرسایش و رسوب توسط ابزارهای مختلفی اندازه‌گیری می‌شود که به علت محدودیت‌های فراوان از جمله دسترسی به همه مناطق، بالا بودن هزینه‌ها و طراحی و نصب دستگاه‌ها میسر نمی‌باشد. در روش‌های غیر مستقیم، اندازه‌گیری فرسایش و رسوب براساس مدل‌های تجربی و پارامترهای دیگر است. تهیه مدل‌ها با جزئیات شناسایی حوضه‌های آبریز محلی به دلیل کمبود ایستگاه‌های اندازه‌گیری رسوب در بیش‌تر حوضه‌ها مشکل است. بنابراین، استفاده از مدل‌های تجربی اجتناب‌ناپذیر است، اما مشکلات عمده با مدل‌های تجربی عدم دقت در پردازش و مقدار زیادی از داده‌ها هستند که باید توسط سیستم GIS دیجیتالی شوند و توسط مدل‌های ریاضی تحلیل شوند. امروزه تکنیک‌ها و روش‌های سنجش از دور و GIS در منابع طبیعی و مدیریت آبریز استفاده می‌شوند (دیلمی و همکاران، 2012). ادون^۵ و همکاران (2019)، بررسی توزیع مکانی-زمانی تلفات خاک با استفاده از مدل EPM در منطقه‌ی میتروویکا (کوسوا) در طی ۱۸ سال را انجام دادند. نتایج نشان داد، در سال ۲۰۰۰، حداقل و حداکثر مقدار اتلاف خاک به ترتیب $(100 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year})$ و 2000 بوده و در سال ۲۰۱۸، حداقل و حداکثر خاک به ترتیب $(150 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year})$ و 2200 گزارش شده است. در داخل

1- Mialhe

2- Akin

3- Wang

4- Nohegar

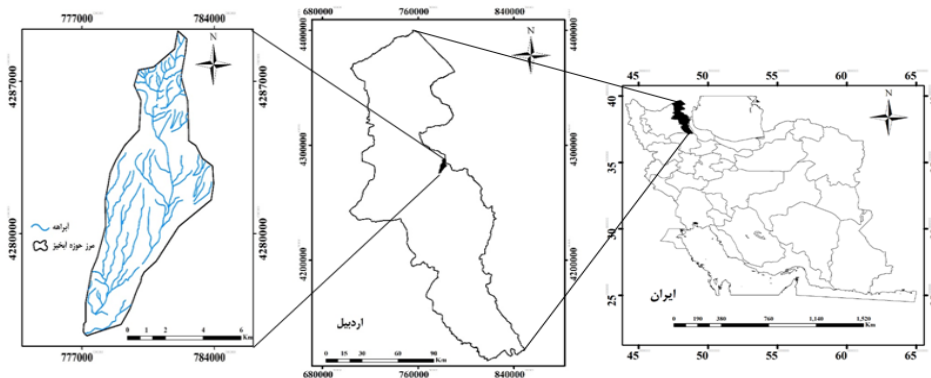
5- Edon

کشور نیز نوری و همکاران (1395)، ارزیابی تولید رسوب با استفاده از RS و GIS در زیرحوضه‌ی آبخیز دز پرداختند. نتایج نشان داد، منطقه‌ی مورد مطالعه را می‌توان در پهنه‌های فرسایشی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی کرد. منطقه به دلیل داشتن سازندهای زمین‌شناسی و پوشش اراضی بسیار مستعد فرسایش است. همچنین تخمین تولید رسوب در بلند مدت توسط مدل‌های MPSIAC و EPM برتری EPM را نشان داد. امیری (1396)، به پیش‌بینی فرسایش و رسوب‌گذاری در حوضه قره‌آقاج بخش مرکزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پرداختند. نتایج مدل EPM برای واحدهای نمونه‌برداری همگن و یکنواخت نشان داد، 0/19 درصد از کل مساحت حوضه آبخیز در کلاس ۱ فرسایش با رسوبات بسیار کم و 15/1 درصد، کلاس ۲ فرسایش با رسوبات کم و 41/3 درصد، کلاس ۳ فرسایش با رسوبات متوسط و 13/2 درصد در کلاس فرسایش زیاد طبقه‌بندی شدند. نتیجه‌ی مقایسه مقادیر فرسایش و رسوب با استفاده از مدل EPM با مقادیر اندازه‌گیری شده نشان داد که هیچ تفاوت قابل توجهی بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده مشاهده نشده است. معتمدی و همکاران (1398)، ارتباط الگوی سیمای سرزمین و رسوب در برخی از زیرحوضه‌های آبخیز استان گلستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، بین رسوب آبخیز با الگوهای پوشش زمین ارتباط زیادی وجود دارد. از میان 19 سنجه سیمای سرزمین، شاخص بزرگترین لکه (LPI) میانگین فاصله نزدیکترین همسایه (ENN-MN) و میانگین نسبت محیط به مساحت (PARA-MN) به ترتیب با مقادیر اهمیت متغیر سنجه‌های پیش‌بینی (VIP) 1/296، 1/184 و 1/747 و ضرایب رگرسیونی 0/014، 0/039- و 0/002- به‌عنوان سنجه‌های اصلی در کاهش میزان رسوب آبخیز تعیین شدند و سنجه‌های شاخص شکل سیمای سرزمین (LSI) و میانگین اندازه لکه (AREA-MN) با مقادیر VIP، 0/80 و 0/84 و ضرایب رگرسیونی 0/020 و 0/017 به‌عنوان سنجه‌های موثر در افزایش رسوب آبخیزهای مطالعاتی شناخته شدند که 71 درصد از تغییرات رسوب را در زیرحوضه‌ها تبیین می‌کنند. نتایج پژوهش حاضر، توانایی برآورد رسوب با استفاده از ویژگی‌های سیمای سرزمین و کارایی رگرسیون کمینه مربعات جزئی را در تعیین مدل‌های کمی رسوب تایید می‌کند. به‌طور کلی، مطالعات مختلفی برای اندازه‌گیری سیمای سرزمین انجام شده است. مطالعه حاضر بررسی ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و الگوی فرسایش خاک در حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگلو در جهت توسعه‌ی حوضه‌ی آبریز مذکور برابر با نیازهای منطقه انجام شده است. با توجه به وجود سد مخزنی شریف‌بیگلو در حوضه‌ی فوق، شناسایی مناطق حساس و بحرانی فرسایش برای اجرای فعالیت‌های حفاظتی مورد نیاز است. همچنین یکی از مشکلات بارز در این حوضه با توجه به عدم پوشش گیاهی مناسب در بالادست حوضه وجود رسوب بیش از حد می‌باشد. بررسی این ارتباط می‌تواند ابزاری مناسب برای پایش تغییرات زمین و تصمیم‌گیری در مدیریت باشد.

2- مواد و روش

2-1- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق، حوضه آبریز شریف‌بیگلو واقع در شهرستان رضی در غرب استان اردبیل می‌باشد. حوضه آبریز شریف‌بیگلو دارای مساحت 48/22 کیلومترمربع می‌باشد و بخش کوچکی از شهرستان رضی را دربر می‌گیرد. این حوضه دارای مختصات جغرافیایی $48^{\circ} 11'00''$ تا $48^{\circ} 16'00''$ طول شرقی و $38^{\circ} 34'30''$ تا $38^{\circ} 42'30''$ عرض شمالی است. پایین‌ترین و بالاترین ارتفاع حوضه به ترتیب برابر با 1396 و 2234 متر نسبت به سطح دریاست و سد مخزنی شریف‌بیگلو در 700 متری شمال قوری چای به سمت روستای شریف‌بیگلو در حوضه واقع شده است. شکل (1)، موقعیت حوضه آبریز شریف‌بیگلو را در سطح کشور و استان اردبیل نمایش می‌دهد.



شکل (1): موقعیت حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگلو در سطح کشور و استان اردبیل

Fig (1): Location of Sharif Beiglou watershed in the country and Ardabil province

2-2- روش تحقیق

بررسی فرسایش خاک با مدل EPM

مدل EPM¹ روشی برای کمی کردن شدت فرسایش خاک و تخمین میزان کل رسوبدهی سالانه در یک حوضه آبریز است که برای اولین بار در سال 1988 ارائه شده است. در این روش چهار مشخصه شامل ضریب فرسایش حوضه (ϕ)، ضریب استفاده از زمین (X_a)، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوضه (I) در واحدهای مختلف اراضی یا در شبکه‌های ایجاد شده در نقشه مورد بررسی قرار می‌گیرد (اسمعیلی و عبداللهی، 1390). مقادیر ضریب استفاده از زمین (X_a)، حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y)

1- Erosion Potential Method (EPM)

و شرایط فرسایش حوضه (φ) بر اساس جداول 1 تا 3 محاسبه شد. بنابراین در هر یک از اجزای واحد اراضی یا شبکه‌ها، مقدار ضریب شدت فرسایش (Z) از رابطه‌ی (1) محاسبه شد:

$$Z = Y \cdot X_a (\varphi + I^{0.5}) \quad (1)$$

جدول (1): مقادیر ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) در مدل EPM (اسمعلی و عبداللهی، 1390)
Table (1): Values of rock and soil susceptibility coefficient to erosion (Y) in EPM model (Esmali and Abdullahi, 2011)

ردیف	شرایط سنگ‌شناسی و خاک‌شناسی	امتیاز
1	ماسه، سنگریزه، شیست و مارن	2
2	لس، توف، خاک‌شور و خاک استپی	1/6
3	سنگ آهک هوازه	1/2
4	ماسه‌سنگ قرمز سرپانتین و رسوبات فلیشی	1/1
5	پدزول، پاراپدزول، شیست خرد شده، میکاشیست، گینس، شیست آرژیلیت‌دار	1
6	سنگ آهک سخت، لاشبرگ، خاک‌های هموسی و سیلیکات‌دار	0/9
7	خاک‌های جنگلی قهوه‌ای و خاک‌های کوهستانی	0/8
8	خاک‌های باتلاقی و هیدرومورف سیاه خاکستری تیره	0/6
9	چرنوزوم و رسوبات آبرفتی با بافت خوب	0/5
10	سنگ‌های آذرین سخت	0/25

جدول (2) مقادیر ضریب فرسایش منطقه‌ای (φ) در مدل EPM (اسمعلی و عبداللهی، 1390)
Table (2) The values of regional erosion coefficient (φ) in EPM model (Esmali and Abdullahi, 2011)

ردیف	شرایط فرسایش حوضه	امتیاز
1	منطقه دارای خندق‌های زیاد و فرسایش شدید است	1
2	در حدود 80 درصد منطقه دارای فرسایش خندقی و شیاری است	0/9
3	در حدود 50 درصد منطقه دارای فرسایش خندقی و شیاری است	0/8
4	کل منطقه دارای فرسایش سطحی، وجود رسوبات و واریزه‌ها و به مقدار کم دارای فرسایش خندقی و شیاری و فرسایش کارستی	0/7
5	کل منطقه دارای فرسایش سطحی ولی بدون آثار فرسایش عمیق (خندق‌ها، شیارها، واریزه‌ها و..)	0/6
6	50 درصد منطقه دارای فرسایش سطحی و بقیه بدون فرسایش	0/5
7	20 درصد منطقه دارای فرسایش سطحی و بقیه بدون فرسایش	0/4
8	سطح زمین فاقد فرسایش قابل رویت بوده ولی کنار رودخانه‌ها، واریزه و لغزش مشاهده می‌شود	0/3
9	سطح زمین فاقد فرسایش قابل رویت بوده و اغلب دارای پوشش زراعی است.	0/2
10	سطح زمین فاقد فرسایش قابل رویت بوده و غالباً تحت پوشش جنگل و گیاهان دائمی است	0/1

جدول (3): مقادیر ضریب استفاده از زمین (X_a) در مدل EPM (اسمعلی و عبداللهی، 1390)

Table (3): The values of regional erosion coefficient (Xa) in EPM model (Esmali and Abdullahi, 2011)

امتیاز	شرایط استفاده از زمین	ردیف
1	اراضی غیر قابل کشت و زرع (بدلندها)	1
0/9	اراضی تپه‌ماهور و شخم خورده برای زراعت	2
0/8	باغات میوه، تاکستان‌های بدون پوشش گیاهی مرتعی	3
0/7	کشتزارهای شخم خورده بر روی خطوط تراز	4
0/6	جنگل‌های مخروطه و فرسایش یافته و بوته‌زارهای ایجاد شده بر روی خاک فرسایش یافته	5
0/5	مراتع کوهستانی خشک	6
0/4	مزارع دایمی و یونجه‌زارها	7
0/3	مراتع مناطق بارانی و روئیده از گراس‌ها	8
0/2	جنگل خوب روی شیب‌های تند	9
0/1	جنگل خوب روی شیب ملایم	10

خصوصیات سنجه‌های سیمای سرزمین

یکی از ابزارهای محاسبه‌ی سنجه‌های سیمای سرزمین، نرم‌افزار Fragstats می‌باشد که استفاده از آن به دلیل قابلیت بیش‌تر و محاسبه تعداد بیش‌تری از سنجه‌های سیمای سرزمین معمول‌تر است (مک‌گاریگال¹ و همکاران، ۲۰۰۲). نرم‌افزار Fragstats مجموعه کاملی از سنجه‌های سیمای سرزمین می‌باشد. این برنامه محدودیتی در مقیاس (پهنه و بزرگ‌نمایی) نداشته و برای تجزیه و تحلیل الگوی مکانی و سنجه‌های مختلف لکه‌های تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین در محیط‌های ناهمگن و شرایط متفاوت مناسب است. به‌ازای هر ورودی در نرم‌افزار Fragstats، سه فایل خروجی Class، Patch و Landscape ایجاد می‌شود که تمامی آن‌ها به‌صورت فایل متنی و قابل مشاهده است. یکی از مسائل مهم در امر استفاده از این سنجه‌ها، انتخاب سنجه مناسب از میان تعداد زیادی از سنجه‌هاست. باید توجه داشت که سنجه‌ها در بسیاری از موارد دارای هم‌پوشانی هستند و اطلاعات مشابهی از وضعیت سیمای سرزمین ارائه می‌نمایند (میرزایی و همکاران، 1392). به‌همین منظور یک پالایش اولیه لازم است صورت پذیرد. پس از تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.3 و تبدیل آن به فرمت رستری، برای کمی‌سازی سنجه‌های سیمای سرزمین از نرم‌افزار Fragstats4.2 در سطح سیما و کلاس برای حوضه استفاده شد.

تعداد لکه (NP): تعداد لکه‌های یک کلاس معین را نشان می‌دهد و برای اندازه‌گیری میزان گسستگی سیمای سرزمین به کار می‌رود. مقادیر آن بزرگ‌تر یا مساوی یک است. وقتی این مقدار برابر یک است، که سیمای

1- McGarigal

سرزمین فقط از یک لکه تشکیل شده باشد (کیانی و فقهی، 1394). تعداد لکه‌ها اغلب محدودیت تفسیری دارد، زیرا هیچ اطلاعاتی درباره منطقه، توزیع یا تراکم لکه‌ها ارائه نمی‌دهد.

تراکم لکه (PD): برای اندازه‌گیری میزان اتصال و پیوستگی کاربری‌ها، می‌توان از سنجه تراکم لکه استفاده کرد. بدین ترتیب که پیوستگی بین لکه‌ها به صورت معکوس با سنجه تراکم لکه ارتباط دارد. یعنی با افزایش تراکم لکه، پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و لکه‌ها کوچک‌تر و منظم‌تر می‌شوند (کانگ و همکاران، 2013). حداکثر تراکم لکه زمانی حاصل می‌شود که هر سلول یک لکه جداگانه باشد (مک‌گریال و انه، 2013). بنابراین حضور فراوان لکه‌های کوچک در پوشش‌های گیاهی مختلف، منجر به کم شدن فواصل دو لکه مشابه شده و در نتیجه افزایش میزان تکه‌تکه شدگی را به همراه دارد.

حاشیه کل (TE): حاشیه کل در سطح سیمای سرزمین، مجموع حاشیه یک اندازه مطلق از طول حاشیه کل یک نوع لکه خاص است (مک‌گاریگال و انه، 2013). با افزایش حاشیه کل، اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و لکه‌ها کوچک و منظم‌تر می‌شوند.

تراکم حاشیه (ED): تراکم حاشیه به عنوان معیار مهمی برای نشان دادن عملکرد حوضه می‌باشد (مصطفی‌زاده و همکاران، 1397) و به از دست رفتن زیستگاه، ترکیب و الگوی زیستگاه اشاره می‌کند (وانگ و همکاران، 2014؛ لیو¹ و همکاران، 2016). زمانی که هیچ حاشیه‌ای در سیمای سرزمین وجود نداشته باشد مقدار عددی این شاخص برابر صفر خواهد بود. یعنی زمانی که کل سیمای سرزمین و مرز سیمای سرزمین، شامل یک لکه باشد (مک‌گاریگال، 2001). در سطح سیمای سرزمین رابطه بین تراکم حاشیه و تکه‌تکه شدگی مثبت می‌باشد، به طوری که با افزایش تراکم حاشیه، تکه‌تکه شدگی در آن زیرحوضه افزایش می‌یابد.

شاخص شکل لکه (LSI): شاخص شکل لکه یک معادله‌ی سنجه تجمعی با ویژگی مکانی پراکندگی است (مک‌گاریگال، 2001). سنجه شاخص شکل لکه، نسبت محیط (طول حاشیه) لکه به حداقل محیط ممکن برای یک لکه با حداکثر تجمع (انباشتگی) را نشان می‌دهد. این سنجه در صورتی که برابر با یک باشد، یعنی سیمای سرزمین شامل یک لکه با حداکثر فشردگی و تقریباً مربع شکل است، در حالی که لکه پراکنده‌تر، مرز بی‌نظم‌تر و شکل آن پیچیده‌تر شود، مقادیر آن بدون محدودیت افزایش می‌یابد (مک‌گاریگال و انه، 2013).

میانگین اندازه لکه (Area-MN): میانگین اندازه لکه یک نوع ماتریس سیمای سرزمین است که بر اساس ویژگی میانگین لکه ارائه شده است که اندازه‌گیری گرایش مرکزی را در مشخصه لکه مربوطه در کل سیمای سرزمین ارائه می‌دهد (مک‌گاریگال، 2001).

1- Liu

شاخص میانگین شکل لکه (SHAPE_MN): شاخص میانگین شکل لکه به‌عنوان سنجه نمایشی پیچیدگی شکل ساختار سیما مورد استفاده قرار می‌گیرد (اوما^۱ و همکاران، 2011).

گسستگی سیما (DIVISIONL): معیارهای گسستگی سیما و تکه شدگی اشاره به توصیف دخالت انسان‌ها و میزان انسجام (مک‌گاریگال، 2001) سیمای سرزمین بر اساس عملکرد توزیع اندازه‌های باقی‌مانده دارد (وانگ و همکاران، 2014؛ جاگر^۲، 2001).

تکه شدگی (SPLIT): تکه شدگی بر اساس توزیع لکه‌های تجمعی است و به‌عنوان شبکه موثر یا تعداد لکه‌هایی با اندازه ثابت زمانی تفسیر می‌شود (مک‌گاریگال و انه، 2013). وقتی که سیمای سرزمین به لکه‌های کوچک تقسیم می‌شود، این معیار حداکثر مقدار را دارد؛ یعنی زمانی که هر سلول یک لکه جداگانه باشد (مک‌گاریگال، 2001؛ آکساکایا^۳ و همکاران، 2006).

غنای کلی لکه (PRD): غنای کلی لکه به‌عنوان یک مقدار کمی از ترکیبات سیمای سرزمین است.

شاخص تنوع شانون (SHDI): شاخص تنوع شانون (شانون و ویور^۴، 1964) از مهم‌ترین سنجه‌های تنوع برای مطالعه تنوع اجزای تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین است (زنگ^۵ و همکاران، 2012). سنجه شانون از مهم‌ترین سنجه‌های تنوع برای مطالعه تنوع اجزای تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین هستند. شاخص شانون، تنوع را در هر لکه به‌طور نسبی محاسبه می‌کند. اگر در سیمای سرزمین فقط یک لکه وجود داشته باشد، این شاخص‌ها برابر با صفر هستند و زمانی که تعداد لکه افزایش می‌یابد و توزیع منطقه متناسب با انواع لکه بیش‌تر شود، مقدار آن یک می‌باشد (مک‌گاریگال، 2013). سنجه شانون نسبت به نادرترین لکه‌ها حساس است.

شاخص اصلاح شده تنوع سیمپسون (MSIDI): شاخص اصلاح شده تنوع سیمپسون (سیمپسون، 1949؛ وادوواگ^۶ و همکاران، 2017) همراه با شاخص تنوع شانون محاسبه می‌شود که مهم‌ترین شاخص تنوع است و به‌طور گسترده برای اندازه‌گیری ترکیب سیمای سرزمین استفاده می‌شود (زانگ و همکاران، 2012). سنجه سیمپسون بیش‌تر نسبت به فراوان‌ترین لکه‌ها حساس است.

مساحت کل (TA): با توجه به ارزیابی الگوی سیمای سرزمین، میزان کل منطقه در مقایسه با ارزیابی الگوی سیمای سرزمین ارزش زیادی ندارد، زیرا میزان سیمای سرزمین را تعیین می‌کند. علاوه بر این، محدوده کل

1- Uuema
2- Jaeger
3- Akçakaya
4- Shannon and Weaver
5- Zhang
6- Wadduwage

سیمای سرزمین در محاسبات برای بسیاری از معیارهای کلاس و سیمای سرزمین استفاده می‌شود (مک‌گاریگال و انه، 2013).

مطالعه‌ی وضعیت کاربری اراضی و زمین‌شناسی

در این تحقیق برای تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر Google Earth 2020 به دلیل وضوح بالا و تفسیر مناسب از حوضه تهیه شد. تحلیل تصاویر نیز در نرم افزار ArcGIS 10.3 انجام شد. برای بررسی سازندها و وضعیت زمین‌شناسی منطقه نیز از نقشه‌ی زمین‌شناسی 100/000 تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور استفاده شده و در مدل EPM به کار گرفته شد. در ادامه نتایج حاصل از محاسبه‌ی سنجها و شدت فرسایش خاک وارد نرم‌افزار SPSS شده و رابطه معنی‌داری حاکم بر آنها تعیین شد.

3- بحث و نتایج

خلاصه‌ای از خصوصیات سنجه‌های سیمای سرزمین مورد استفاده در بعد تکه‌تکه شدگی برای حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگلو در جدول (4) نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آنالیز تجزیه و تحلیل سنجه‌های کمی‌ساز مربوط به کاربری اراضی در نمودارهای 2 تا 10 در دو سطح کلاس (سطح هر کلاس به تنهایی می‌باشد) و سیمای سرزمین محاسبه شده است. با توجه به نتایج حداکثر تعداد لکه مربوط به کاربری کشاورزی و حداقل آن مربوط به بدنه آبی می‌باشد. این نتیجه با نتایج مددی و اشرف‌زاده (1394) مبنی بر تخریب بیش‌تر در بدنه آبی، هم‌خوانی ندارد. میانگین تراکم لکه حوضه مورد مطالعه 0/23 می‌باشد که حداکثر مقدار فاصله لکه‌ها مربوط به کشاورزی و به ترتیب مرتع، باغ، مسکونی و بدنه آبی است. این موضوع نشان می‌دهد دست‌کاری و دخالت انسان در طول زمان در این کاربری زیاد بوده است. شاخص بزرگ‌ترین لکه در حوضه مورد مطالعه برابر 80/65 برای مرتع می‌باشد و کوچک‌ترین مقدار برابر صفر و مربوط به بدنه آبی می‌باشد. افزایش سنجه شکل لکه به معنی افزایش بی‌نظمی شکل لکه‌ها است. در همین راستا کرمی و همکاران (1391)، با هدف پایش و مقایسه کاربری اراضی زاگرس شمالی و جنوبی با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین استان‌های کردستان و کهگلویه و بویراحمد بیش‌ترین و کم‌ترین به ترتیب مربوط به اراضی کشاورزی و بدنه آبی می‌باشد. در شکل (6)، حداکثر و حداقل حاشیه کل برای حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگلو در سطح کلاس 68080/023، 1345/224 به دست آمده است.

جدول (4): خصوصیات سنجه‌های سیمای سرزمین

Table (4): Characteristics of Landscape

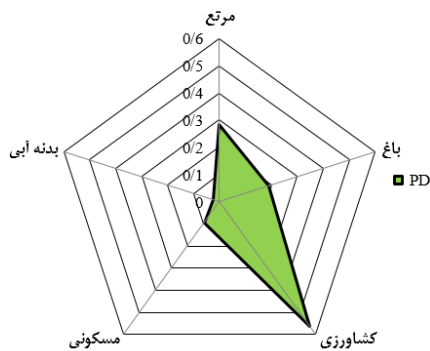
سنجه	نام فارسی	حروف اختصاری	واحد	فرمول	دامنه‌ی تغییرات
------	-----------	--------------	------	-------	-----------------

$PD > 0$	$PD = \frac{n_i}{A}(10000)(100)$	متر در 100 هکتار	PD	تراکم لکه	Patch Density
$100 < LPI \leq 0$	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A}(100)$	درصد	LPI	شاخص بزرگ‌ترین لکه	Largest Patch Index
$TE \geq 0$	$TE = E$	متر	TE	حاشیه کل	Total Edge
$TE \geq 0$	$ED = \frac{E}{A}(10000)$	متر در 100 هکتار	ED	تراکم حاشیه	Edge Density
$LSI \geq 1$	$LSI = \frac{0/25E^*}{\sqrt{A}}$	-	LSI	شاخص شکل لکه	Landscape Shape Index
$0 < AREA >$	$AREA - MN = \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{1}{10000}$	هکتار	AREA -MN	میانگین اندازه لکه	Mean patch area
$ENN_MN > 0$ ، بدون محدودیت	$\frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{N}$	متر	ENN_MN	میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه اقلیدسی	Mean Euclidean Nearest Neighbor Distance
$0 \leq DIVISION < 1$	$DIVISION = \left[1 - \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{A} \right)^2 \right]$	نسبت	DIVISION	شاخص گسستگی سیما	Landscape Division Index
$\leq SPLIT \leq 1$	$SPLIT = \frac{A^2}{\sum_{j=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$	بدون واحد	SPLIT	شاخص تکه شدگی	Splitting Index
$TA > 0$ ، بدون محدودیت	$TA = A \left(\frac{1}{10000} \right)$	هکتار	TA	مساحت کل	Total Area

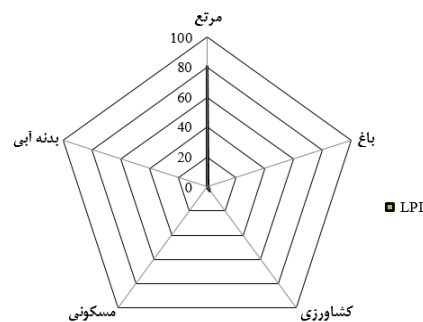
میانگین حاشیه کل برای حوضه‌ی مورد مطالعه 50338/672 متر به دست آمد. نتایج مشابهی توسط کیانی و فقهی (1394) برای شمال ایران گزارش شده است. میزان تراکم حاشیه برای مرتع بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین مربوط به بدنه آبی می‌باشد. طبق شکل (10) شاخص شکل لکه برای تمامی کاربری‌ها بیش‌تر از 1 می‌باشد که نشان از نامنظمی لکه‌ها در سطح حوضه است. مقدار حداکثر و حداقل این شاخص 8 و 1/27 به ترتیب برای کشاورزی و بدنه آبی می‌باشد. مقادیر حداکثر و حداقل میانگین اندازه‌ی لکه برابر 313/66 و 6/92 است، مختاری و همکاران (1399)، نشان داد میانگین اندازه لکه‌های جنگلی از سال 1987 تا 2018 افزایش یافته است. مقدار گسستگی سیما برای حوضه‌ی مورد مطالعه، میزان حداقل و حداکثر برابر 1 و 0/34 می‌باشد که به ترتیب مربوط به کاربری مسکونی، بدنه آبی و مرتع می‌باشد. مطابق شکل (10) میزان تکه‌شدگی دارای مقادیر حداکثر و حداقل، 376889/88 و 1/53 می‌باشد. هم‌چنین در سطح سیما حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگلو دارای میزان تعداد لکه 49، تراکم لکه 1/15، شاخص بزرگ‌ترین لکه 80/64، حاشیه کل

75508/008، حاشیه کل 17/75، شاخص شکل لکه 4/56، میانگین اندازه لکه 86/79، گسستگی سیما 0/34 و تکه‌شدگی 1/52 محاسبه شده است.

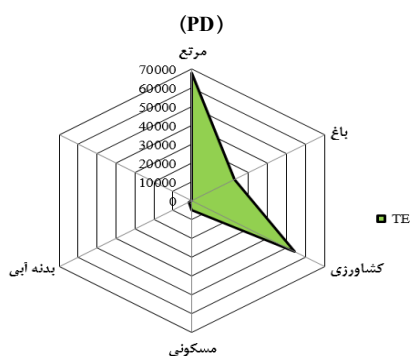
مبنای محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین، نقشه‌ی کاربری اراضی در سطح سیما و کلاس می‌باشد. با توجه به تحلیل‌های انجام شده، حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگلو به کاربری‌های مختلف زمین، مرتع، کشاورزی، باغ، مسکونی و بدنه آبی تقسیم شده که در شکل (11) نشان داده شده است. شکل (12) نیز نقشه‌ی سازندهای زمین‌شناسی حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگلو را نشان می‌دهد.



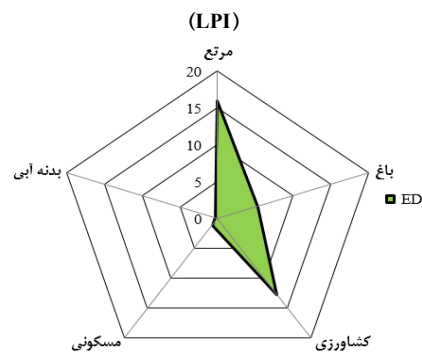
شکل (3): نمودار مربوط به سنجهی تعداد لکه



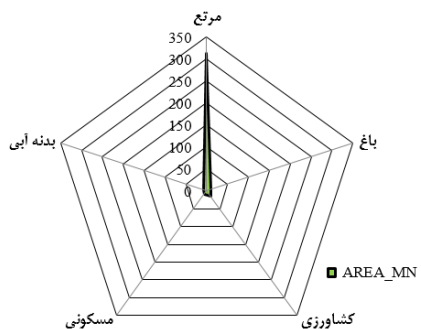
شکل (2): نمودار مربوط به سنجهی بزرگ‌ترین لکه



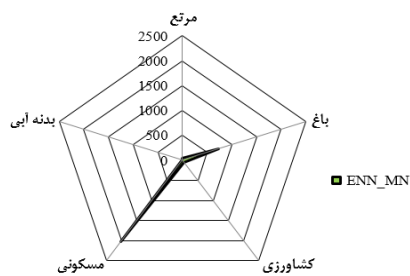
شکل (5): نمودار مربوط به سنجهی حاشیه کل (TE)



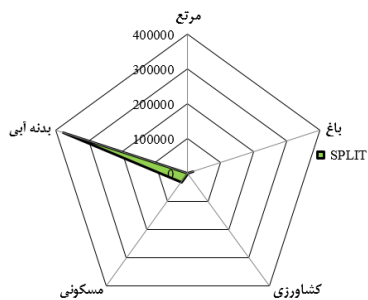
شکل (4): نمودار مربوط به سنجهی حاشیه کل (ED)



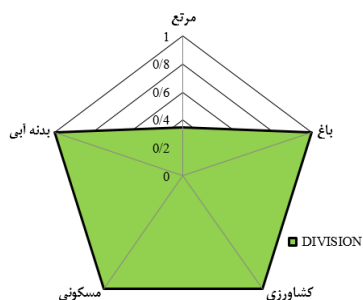
شکل (7): نمودار مربوط به میانگین اندازه لکه (AREA-MN)



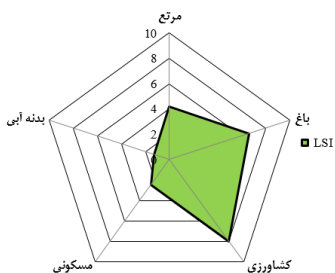
شکل (6): نمودار مربوط به فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه (ENN-MN)



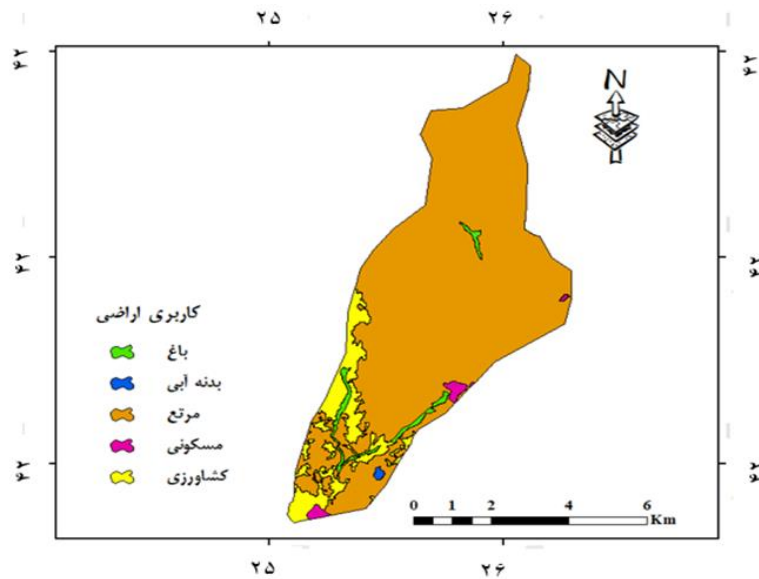
شکل (9): نمودار مربوط به تکه شدگی (SPLIT)



شکل (8): نمودار مربوط به گسستگی سیما (DIVISION)

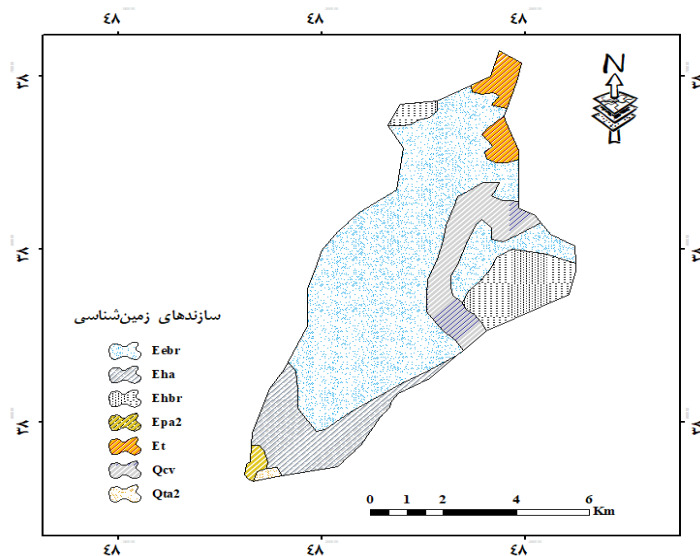


شکل (10): نمودار مربوط به شاخص شکل لکه (LSI)



شکل (11): نقشه‌ی کاربری اراضی

Fig (11): Land use map



شکل (12): نقشه‌ی سازندهای زمین‌شناسی

Fig (12): Geological formations map

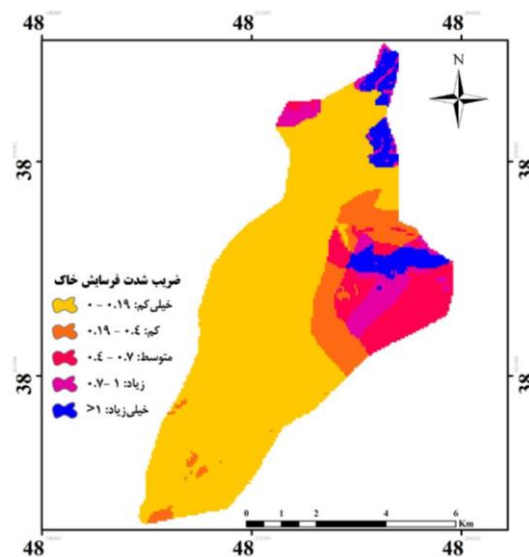
ارزیابی پتانسیل فرسایش خاک با مدل EPM

حداکثر و حداقل مقادیر مستخرج از مدل EPM برای هر یک از کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگلو در جدول (5) ارائه شده است. هم‌چنین شکل (13) نقشه‌ی ضریب شدت فرسایش خاک با مدل EPM را نشان می‌دهد.

جدول (5): ضریب فرسایش خاک (Z) با مدل EPM

Table (5): Soil erosion coefficient (Z) with EPM model

کاربری	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار
مرتع	0/68	0/01	0/19	0/11
کشاورزی	0/76	0/01	0/27	0/19
مسکونی	0/40	0/07	0/29	0/07
باغ	64/0	0/01	0/70	0/1
بدنه آبی	0/1	0/08	0/09	0/06



شکل (13) نقشه‌ی طبقه‌بندی شده ضریب شدت فرسایش

Fig (13) The classified erosion intensity map

با توجه به نتایج به‌دست آمده در حوضه‌ی مورد مطالعه و طبق جدول 6 (اسمعیلی و همکاران، 1390)، کاربری کشاورزی دارای فرسایش زیاد، کاربری‌های مرتع و باغ فرسایش متوسط، مسکونی فرسایش کم و بدنه آبی دارای فرسایش جزئی می‌باشد. در قسمت جنوب غربی حوضه به‌دلیل اقدامات کشاورزی میزان شدت فرسایش زیاد می‌باشد هم‌چنین میزان شدت فرسایش خاک در بخش شمال شرقی نیز متوسط می‌باشد. که طبق مطالعه اوپانگ و همکاران (2010)، با انجام مطالعه‌ای در حوزه‌ی آبخیز بالادست رودخانه زرد چین طی

سال‌های 1977 تا 2006، بیان کردند که افزایش مداوم زمین‌های لخت، پهنه‌های آبی و زمین‌های کشاورزی موجب افزایش معنی‌دار فرسایش خاک شده است. همچنین، تغییرات منطقه‌ای سیمای سرزمین ارتباط بسیار قوی با فرسایش خاک نشان داده است. تحلیل نتایج در سطح لکه تأیید کرد که میزان حمل رسوب از حاشیه‌های لکه در اثر افزایش حاشیه لکه نیز زیاد شده است. کسب این اطلاعات قطعاً در مهار آلودگی منطقه‌ای و موضعی محیط زیستی کمک می‌کند. همچنین سیمای سرزمین حوزه‌ی آبخیز کوزه‌تپراقی را مراتع، زراعت، برونزد سنگی و مسکونی به‌ترتیب با مقدار 29/13، 64/77، 3/50 و 0/80 درصد تشکیل داده است (علائی و همکاران، 1398).

جدول (6) تعیین شدت کیفی فرسایش با روش EPM

Table (6) Determination of qualitative intensity of erosion by EPM method

شدت کیفی فرسایش	ارزش حد Z	طبقه‌بندی فرسایش
خیلی کم	0-0/19	1
کم	0/19-0/4	2
متوسط	0/4-0/7	3
زیاد	0/7-1	4
خیلی زیاد	>1	5

نتایج حاصل از محاسبه‌ی سنجه‌ها و شدت فرسایش خاک وارد نرم‌افزار SPSS شده و رابطه‌ی معنی‌داری حاکم بر آن‌ها طبق جدول (7) با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون تعیین شد. نتایج نشان داد که تنها شاخص تکه‌شدگی (SPLIT) معنی‌دار بوده و دارای همبستگی منفی می‌باشد و به‌عنوان سنجه‌ی موثر در کاهش شدت فرسایش خاک می‌باشد.

جدول (7) تغییرات مقادیر آماری سنجه‌های سیمای سرزمین با فرسایش خاک

Table (7) Changes in statistical values of land features with soil erosion

N	Person Correlation	Sig (0.05)	سنجه
5	0/801	0/103	PD
5	0/112	0/857	LPI
5	0/626	0/259	TE
5	0/626	0/259	ED
5	0/874	0/53	LSI
5	0/106	0/865	AREA_MN
5	-0/629	0/391	ENN_MN
5	-0/89	0/885	DIVISION
5	-0/934	0/02	SPLIT

4- نتیجه‌گیری

امروزه تغییرات بدون برنامه‌ی کاربری اراضی به مشکلات حاد محیط‌زیست و منابع طبیعی تبدیل شده است. در چندین دهه‌ی گذشته تغییرات کاربری اراضی در ایران با سرعت فزاینده و در برخی موارد نامطلوب به وقوع پیوست و باعث تشدید روند تخریب اراضی شده است. بنابراین با پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع طبیعی را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (نظرنژاد و همکاران، 1397). الگوی ساختاری و مکانی سیمای سرزمین در طبیعت نمونه‌ی خوبی برای پیش‌بینی رفتار طبیعت است، توالی سیمای سرزمین با رعایت اصل سلسله مراتب در برنامه‌ریزی و با توجه به ساختار سرزمین از مقیاس کلان منطقه تا سطح خرد و اجرایی امکان‌پذیر است. مناطق مختلف زمین بر اثر شرایط اکولوژیکی، اقلیمی و پروسه‌های اقتصادی-اجتماعی ناشی از فعالیت‌های خاص آن منطقه الگوی کاربری اراضی متغیری دارد. برای مثال از بین بردن لکه‌های بزرگ کشاورزی موجب تکه‌تکه شدن بالایی زیستگاه و افزایش تراکم لکه انسان ساخت می‌شود، که این پدیده بر روی چرخه‌ی زیست، زمین، شیمیایی تاثیرگذار است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که، حوضه‌ی آبریز شریف‌بیگلو موزائیکی از لکه‌های طبیعی (اراضی پایدار) مانند مراتع و لکه‌های مصنوعی مانند زمین‌های کشاورزی، باغی و مکان‌های مسکونی می‌باشد. پژوهشگران با استفاده از سنجه‌های شکل، تنوع و مساحت در پایش تغییرات سرزمین نشان دادند که کارایی هر یک از سنجه‌ها به مدل‌های مورد استفاده و و دامنه‌ی اطلاعات موجود بستگی دارد. میزان تکه‌تکه شدن در بدنه‌ی آبی بالاترین مقدار است لذا می‌توان نتیجه گرفت ارتباط آن با مجموعه‌هایشان قطع شده است. استفاده از منابع تجدید شونده باید به نحوی صورت گیرد که خللی در موازنه محیط ایجاد نکند. چراکه عواملی از جمله فرسایش، تغییرات اقلیمی و دخالت انسان این تعادل را به هم می‌زند. به‌طوری که تغییر در این منابع به‌دلیل تغییر در ساختار سیمای سرزمین در کارکرد اکولوژیکی منطقه تأثیرگذار بوده و باید در برنامه‌ریزی سرزمین مورد توجه قرار گیرد کیانی و همکاران (1394). بنابراین به‌کارگیری اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین یک ارزیابی اولیه در مقیاس سیمای سرزمین به‌دست می‌دهد که در آن به یافتن راهی برای ارزیابی سریع و علمی جهت استفاده از امکانات و خدمات عرضه شده توسط طبیعت در محل تاکید می‌شود چون الویت‌بندی هر کدام از لکه‌ها بر پایه کیفیت آن‌ها استوار است. در مدل EPM، برخی پارامترها مانند قابلیت فرسایش سطحی سنگ و خاک برای فرسایش مهم هستند. با بررسی نقشه‌های تهیه شده در منطقه‌ی مورد مطالعه، کاربری کشاورزی دارای فرسایش زیاد، کاربری‌های مرتع و باغ فرسایش متوسط، مسکونی فرسایش کم و بدنه‌ی آبی دارای فرسایش جزئی می‌باشد. بیش‌تر مناطق حوضه دارای کاربری مرتع می‌باشد. عدم پوشش گیاهی مناسب در بالادست حوضه و شیب زیاد میزان فرسایش بیش‌تر می‌باشد.

5- منابع

- Alaei, N., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., Sharari, M., & Hazbavi, Z. (2019). Assessing and comparing the continuity of the landscape in the Koozeh-e-Topraqi watershed, Ardabil province. *Applied ecology*, 8 (4): 34-19.
- Amiri, F. (2010). Estimate of erosion and sedimentation in semi-arid basin using empirical models of erosion potential within a geographic information system, *Air, Soil and Water Research*, 37-44.
- Akın, A., Erdoğan, A., & Berberoğluc, S. (2013). The Spatiotemporal Land use/cover Change of Adana City. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 7, 11-17.
- De Montisa, A., Martin, B., Ortegab, E., & Leddaa, A. (2017). Landscape fragmentation in Mediterranean Europe: A comparative approach. *Land Use Policy*, 64, 83-94.
- Esmali, A., & Abdullahi, K. (2011). *Watershed management and soil protection*. Mohaghegh Ardabili Publications. 574 p.
- Fathi Zadeh, H., Lamentar, A., Faramarzi, M., & Fresh, M. (2013). Investigation of land use changes based on the analysis of land use metrics using remote sensing and GIS in arid and semi-arid regions of Dehloran. *Land Management Quarterly*, 5 (1): 99-79.
- Edon, M., & Singh, S.K. (2019). Quantitative estimation of soil erosion using Open-Access earth observation data sets and erosion potential model, *Water Conservation Science and Engineering*, <https://doi.org/10.1007/s41101-019-00078-1>.
- Giraldo, M.A. (2012). Spatial scale and land use fragmentation in monitoring water processes in the Colombian Andes. *Applied Geography*, 34, 395-402.
- Hassanpour, P., Siyahnia, R., & Ismailzadeh, H. (2020). Evaluation of the ecological structure of urban green space with the approach of land landscape Case study: District 22 of Tehran. *Journal of Environmental Sciences*, 18 (1): 202-178.
- Harold, M., Scepan, J., & Clarke, K. (2002). The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Journal of Environment and Planning*, 34 (8): 1443-1458.
- Hazbavi, Z., Jantiene, B., Nunes, J.P., Keesstra, S.D., & Sadeghi, S.H.R. (2018). Changeability of reliability, resilience and vulnerability indicators with respect to drought patterns. *Ecological Indicators*, 87: 196-208.
- Kiani, W., & Jurisprudence, J. (2015). Investigation of the cover / use structure of Sefidrood watershed using ecological criteria of the land feature. *Environmental Science and Technology*, 17: 141-133.

- Kamyab, H., & Mahini, A. (2014). Spatial-temporal pattern of land changes and urban development (Case study: Gorgan). *Remote Sensing and GIS in Natural Resources*, 5 (2): 24-15.
- Karami, A., & Fiqh, J. (2012). Monitoring and comparing the use of North and South Zagros lands with the ecological approach of the land landscape (Case study: Kurdistan, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces). *Land Management*, 4 (6): 34-5.
- Kang, N., Sakamoto, T., Imanishi, J., Fukamachi, K., Shibata, S., & Morimoto, Y. (2013). Characterizing the historical changes in land use and landscape spatial pattern on the Oguraike floodplain after the meiji period. *Intercultural Understanding*, 1, 11-16.
- Kakeh Mami, A., Ghorbani, A., Keivan Behjoo, F., & Mirzaei Mousavand, A. (2016). Comparison of eye and digital interpretation methods in preparing land use and land cover map of Ardabil province, *Journal of Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, (8) 3: 121-134.
- Lei, H., Wub, F., & Xie, X. (2020). The spatial characteristics and relationships between landscape pattern and ecosystem service value along an urban-rural gradient in Xi'an city, China. *Ecological Indicators*, 108: 105720.
- Liu, Z., He, C., & Wu, J. (2016). The Relationship between Habitat Loss and Fragmentation during Urbanization: An Empirical Evaluation from 16 World Cities. *Habitat Loss and Fragmentation during Urbanization*, 28: 1-17.
- Lam, N.S., Cheng, W., Zou, L., & Cai, H. (2018). Effects of landscape fragmentation on land loss. *Remote Sensing of Environment*, 209, 253–262.
- Mostafazadeh, R., Jafari, A., & Keivan Behjoo, F. (2018). Comparison of rangeland land structure and the extent of destruction of the landscape in the watershed of Iril, Ardabil province. *Applied ecology*, 7 (1): 41-53.
- Mirzaei, M., Riyahi Bakhteari, A., Mahini, S., & Gholamali Fard, M. (2013). Study of land cover changes in Mazandaran province using land use measures between 1389-1383. *Applied ecology*, 2 (4). 54-37.
- Madadi, H., & Ashrafzadeh, M. (2010). Investigation of land cover changes in the area of Bamdaj wetland with the ecological approach of land appearance. *Journal of Science and Technology*, 9 (1): 51-61.
- Mialhe, F., Gunnell, Y., Ignacio, F.A., Delbart, N. Oganian, J., & Henry, S. (2015). Monitoring land-use change by combining participatory land-use maps with standard remote sensing techniques: Show case from a remote forest catchment on Mindanao, Philippine. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo-Information*, 36: 69-82.

- Mitchell, M.G.E., Suarez-Castro, A.F., Martinez-Harms, M., Maron, M., McAlpine, C., Gaston, K.J., Johansen, K., & Rhodes, K.J., (2015). Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. *Opinion Trends in Ecology & Evolution*, 30: 190-198.
- McGarigal, K., Cushman, S.A., & Neel, E.N. (2002). FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps. *Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts*, 691-703.
- Mokhtari, M., Abedian, S., & Qolpour, M. (2020). Detection and modeling of forest land use change trends in Qarahu watershed using land features. *Applied ecology*, 8 (4): 18-1.
- Mehrfrooz, A., Soltanifard, H., Aliabadi, K., & Karachi, H. (2017). Evaluation of the trend of ecological sustainability changes in urban green spaces using land gradients (Case study: Sabzevar city). *Geographical Space Quarterly*, 19 (66): 119-99.
- Motamedi, R., Azeri, M., & Monthfy, R. (2019). Relationship between landform pattern and sediment in some watersheds of the province Golestan. *Management and Engineering Watershed*, 11(4): 955-971.
- Nazarnejad, H., Hosseini, M., & Irani, T. (2018). Using Landscape Measurements in Assessing Landscape Structure Changes in Qarahu Watershed in Kermanshah. *Geography and Environmental Hazards*, 26: 36-23.
- Nohegar, A., Jabariyan Amiri, B., & Afrakhteh, R. (2015). Land Use Analysis on Guilan Central District Using Landscape Ecology Approach. *Journal Management Systems*, 15, 197-214.
- Noori, H., Siadat Mousavi, S.M., Mojaradi, B. (2016). Assessment of sediment yield using RS and GIS at two sub-basins of Dez Watershed, Iran. *International Soil and Water Conservation Research*, 4: 199-206.
- Shannon, E., & Weaver, W. (1964). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1-132.
- Wadduwage, S., Millington, A., Crossman, N.D., & Sandhu, H. (2017). Agricultural Land Fragmentation at Urban Fringes: An Application of Urban-To-Rural Gradient Analysis in Adelaide. *Land*, 28: 1-18.
- Wang, X., Blanchet, G.B., & Koper, N. (2014). Measuring habitat fragmentation: An evaluation of landscape pattern metrics. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 634-646.
- Zheng, Y., Lan, S., Chen, W.Y., Chen, X., Xu, X., Chen, Y., & Dong, J. (2012). Visual sensitivity versus ecological sensitivity: An application of GIS in urban forest park planning, Urban Forestry and amp; Urban Greening. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.010>.