


GES	Journal of Geography and Environmental Studies, 12 (45), Spring 2023 https://ges.iaun.iau.ir ISSN: 2008-7845  20.1001.1.20087845.1402.12.45.5.7
-----	---

Research Article

Analysis of the Relationship between Spatial and Temporal Changes in Land Use and Landscape Metrics in the KoozehTopraghi Watershed

Dezhbani, Roghayeh

M.Sc. Student, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Hazbavi, Zeinab (Corresponding Author)

Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

E-Mail: z.hazbavi@uma.ac.ir

Mostafazadeh, Raof

Associate Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Esmali Ouri, Abazar

Associate Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Alaei, Nazila

Ph.D. Student Watershed Management Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran

Abstract

The purpose of this study was to analyze the relationship between land use changes in different time periods using landscape metrics in the KoozehTopraghi Watershed located in Ardabil Province. For this purpose, three Landsat satellite images from 2000, 2010, and 2021 were received from the United States Geological Survey (USGS) database. After preparing the land use maps of the watershed by supervised classification and converting it to a raster format, the landscape metrics of Fragstats 8.2 software were calculated and quantified in two levels of landscape (22 metrics) and class (13 metrics). The kappa coefficient for the land use maps of the three years under study (2000, 2010, and 2021) was equal to 58.2, 75.0, and 59.2 %, respectively. The results showed that at the level of class, rainfed agriculture had the maximum value in the edge density metric, and irrigated agriculture had the maximum values in the average distance of the nearest Euclidean neighbor, the number of patches, and the total edges in all three years. Furthermore, at the landscape level, the fragmentation index decreased slightly in 2010 compared to 2000 and then increased in 2021. The largest patch index also showed a significant decrease in 2021, so it has reached from 43.34 in 2000 to 34.81 in 2021.

Keywords: Ecosystem stability, Land degradation, Spatial pattern, Temporal changes.

Citation: Dezhbani, R.; Hazbavi, Z.; Mostafazadeh, R.; Esmali Ouri, A; Alaei, N. (2023), Analysis of the Relationship between Spatial and Temporal Changes in Land Use and Landscape Metrics in the KoozehTopraghi Watershed, Journal of Geography and Environmental Studies, 12 (45), 82-99. Dor: 20.1001.1.20087845.1402.12.45.5.7

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



مقاله پژوهشی

تحلیل ارتباط بین تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی و سنجه‌های سیمای سرزمین در حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی

رقیه دژبانی

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

زینب حزباوی*

استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

رئوف مصطفی‌زاده

دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

اباذر اسمعیلی‌عوری

دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

نازیلا علانی

دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

هدف از تحقیق حاضر، تحلیل ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی در دوره‌های زمانی مختلف با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی واقع در استان اردبیل بوده است. بدین منظور، سه تصویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ از پایگاه اطلاعاتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) دریافت شد. پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه به روش طبقه‌بندی نظارت شده و تبدیل آن به فرمت رستری، سنجه‌های سیمای سرزمین از نرم‌افزار Fragstats 8.2 در دو سطح سیما (۲۲ سنجه) و کلاس (۱۳ سنجه) محاسبه و کمی‌سازی شدند. مقدار ضریب کاپا برای نقشه‌های کاربری اراضی سه سال مورد بررسی (۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰) به ترتیب برابر با ۵۸/۲، ۷۵/۰ و ۵۹/۲ درصد به دست آمد. نتایج نشان داد که در سطح کلاس زراعت دیم حداکثر مقدار را در سنجه تراکم حاشیه (ED) و زراعت آبی حداکثر مقادیر را در سنجه‌های میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه اقلیدسی (ENN-MN)، تعداد لکه (NP) و حاشیه کل (TE) در هر سه سال داشته‌اند. هم‌چنین در سطح سیما نیز شاخص تکه‌شدگی (SPLIT) در سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۷۹ کاهش جزئی داشته و سپس در سال ۱۴۰۰ افزایش پیدا کرده است. شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI) هم کاهش قابل توجهی در سال ۱۴۰۰ نشان داد، به طوری که از مقدار ۴۳/۳۴ در سال ۱۳۷۹ به ۳۴/۸۱ در سال ۱۴۰۰ رسیده است.

کلمات کلیدی: الگوی مکانی، پایداری بوم‌سازگان، تخریب سرزمین، تغییرات زمانی.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۱۰/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۹

نویسنده مسئول: زینب حزباوی، استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

z.hazbavi@uma.ac.ir

روند افزایش شهرنشینی و جمعیت باعث بروز تغییرات نامطلوب در کاربری زمین و پوشش اراضی^۱ شده است. تغییرات سریع در کاربری زمین و پوشش اراضی فشارهای سنگین و تأثیرات عمیق بر منابع زمین و محیط زیست وارد کرده است (Lin et al., 2020). شهرنشینی فرآیندی است که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و عوامل زیستی به یک روند جهانی تبدیل شده است. گسترش سریع شهرها نه تنها بر تغییرات اقتصادی-اجتماعی تأثیر می‌گذارد، بلکه باعث از دست رفتن زمین‌های کشاورزی و تهدید بوم‌شناسی و محیط زیست شده است (Rimal et al., 2018). رشد جمعیت، مهاجرت منطقه‌ای و افزایش مشکلات محیط زیست نیازمند اتخاذ روش‌های پیشرفته برای برنامه‌ریزان شهری، اقتصاددانان، بوم‌شناسان و مدیران منابع به منظور اتخاذ تصمیمات هوشمندانه و انجام اقدامات به موقع و مؤثر در این زمینه است (هرولد^۲ و همکاران، ۲۰۰۲). لذا، با توجه به آثار منفی ناشی از استفاده نامناسب از زمین مثل انقراض گونه‌ها، از بین رفتن تنوع زیستی و بوم‌سازگان‌ها^۳ و تغییرات آب و هوایی، شناخت تغییرات سیمای سرزمین^۴ امری ضروری برای مدیریت پایدار زیست‌کره تلقی می‌شود. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین باعث می‌شود درک درستی از نحوه تعامل انسان و محیط زیست به دست آید، که این نیز می‌تواند پایه و اساس درک بهتر روابط، پیش‌بینی تغییرات آینده، استفاده درست و اصولی از منابع و اقدامات مدیریتی مناسب را فراهم سازد (علمی و همکاران، ۲۰۲۲).

در تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری زمین، از عوامل طبیعی و اقتصادی-اجتماعی نیز استفاده می‌شود (اوناپ^۵ و همکاران، ۲۰۰۶). تأثیرات کاربری‌های مختلف زمین بر خدمات بوم‌سازگان‌ها (ES) از طریق سه روش اصلی شامل ۱- شیوه‌های استفاده از زمین، ۲- الگوهای کاربری زمین و ۳- شدت‌های مختلف استفاده از زمین نمود پیدا می‌کنند (فو^۶ و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعه تغییرات کاربری اراضی زمینه اصلی تحقیقات سیمای سرزمین است که یکی از مسائل کلیدی در تغییرات بوم‌شناختی جهانی است.

برای ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی می‌توان از سنجه‌های سیمای سرزمین که یک رویکرد تلفیقی با سنجش از دور است، استفاده کرد. این سنجه‌ها در واقع شاخص‌هایی هستند که ویژگی‌های اجزای ساختار فضایی سیمای سرزمین مثل شکل، هندسه و ماهیت پراکنش و توزیع این اجزا را به صورت کمی قابل مقایسه می‌سازند (کاکه‌ممی و همکاران، ۱۳۹۹). سیمای سرزمین در واقع محدوده‌ای را در بر می‌گیرد که شامل مجموعه لکه‌ها، زیستگاه‌ها و عناصر زیست‌شناختی و فیزیکی است. سنجه‌های سیمای سرزمین را می‌توان در سه سطح کلاس، لکه و سیمای محاسبه کرد. سنجه‌های سطح کلاس برای یک نوع کاربری محاسبه می‌شوند، در حالی که سنجه‌های سطح لکه ویژگی مکانی لکه‌ها را بررسی می‌کنند و سنجه‌های سیمای سرزمین برآیند ویژگی‌های لکه‌ها و طبقه‌ها هستند (نصیری و درویش صفت، ۱۳۹۷). بسیاری از معیارهای الگوی سیمای سرزمین نسبت به تغییرات فضایی وضوح داده‌ها یا مساحت (وسعت) سیمای سرزمین حساس هستند و همبستگی‌های متعددی بین شاخص‌های سیمای سرزمین رخ می‌دهد (یوما^۷ و همکاران، ۲۰۰۹).

در راستای اهمیت بررسی تغییرات کاربری اراضی و شاخص‌های سیمای سرزمین مطالعات فراوانی انجام شده است. برای مثال، هرزوق^۸ و همکاران (۲۰۰۱) به بررسی معیارهای چشم‌انداز برای ارزیابی تخریب و احیاء چشم‌انداز در منطقه زاکسنی^۹ شرق آلمان پرداختند. از همبستگی و تحلیل عاملی برای انتخاب مجموعه‌ای از معیارهای سنجه‌های سیمای سرزمین مناسب برای نظارت بر

1. Land Use\Land Cover (LULC)
 2. Herold
 3. Ecosystems
 4. Landscape
 5. Aunap
 6. Fu
 7. Uuema
 8. Herzog
 9. Saxony

چشم‌انداز استفاده شد. نتایج آن‌ها نشان داد که معیارهای مورد بررسی الگوی مشابهی داشته و در بین سال‌های ۱۹۱۲ و ۱۹۴۴ تقریباً بدون تغییر ولی از سال ۱۹۴۴ به بعد تغییر چشم‌گیری داشته است. هم‌چنین، اوناپ و همکاران (۲۰۰۶) در ارزیابی همبستگی فضایی و سنجه‌های سیمای سرزمین نتیجه گرفتند که تغییر قابل توجهی در سنجه‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۹۰۰ و ۱۹۴۰ وجود ندارد و ED، PD^۲ و CWED^۳ در سال ۲۰۰۰ از ۱۹۰۰ و ۱۹۴۰ ارزش بالاتری داشتند. هم‌چنین ناهمگونی سیمای سرزمین در دهه‌های اخیر افزایش یافته است و سنجه‌های ED، PD، CWED، AREA_MN^۴ و PLADJ^۵ نیز تفاوت معنی‌داری بین مناطق پست و ارتفاعات نشان دادند.

امسالو^۶ و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی مسئله تغییرات کاربری اراضی در ارتفاعات ایتویی پرداختند. آن‌ها کاهش سطح طبیعی رستنی‌ها را ناشی از تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی با تغییر سیاست‌های اقتصادی اجتماعی می‌دانند که در طول یک دوره ۴۰ ساله اتفاق افتاده است. نتیجه پژوهش آن‌ها حاکی از کاهش سطح جنگل و تبدیل آن به اراضی کشاورزی بود. هم‌چنین، اسپینال و هیل^۷ (۲۰۰۸)، به بررسی تغییرات کاربری و مدیریت آن در جنگل آمازون پرداخته‌اند. آن‌ها در بخشی از تحقیقات تکه‌شدگی جنگل در نتیجه تغییر کاربری و عبور شهر از وسط جنگل را با انواع سنجه‌های سیمای سرزمین مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاهش متوسط اندازه لکه‌ها، کاهش طول کناره کل جنگل و افزایش فاصله بین لکه‌های جنگل، در اثر تخریب جنگل و تغییر کاربری بوده است. کورتس^۸ و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر سنجه‌های سیمای سرزمین و متغیرهای کاربری زمین بر جوامع بی‌مهرگان و ویژگی زیستگاه پرداختند. برای ارزیابی نحوه شکل‌گیری ترکیب جامعه بی‌مهرگان اعماق دریا و توصیف گره‌های زیستگاه در مقیاس فضایی پایین با الگوهای منظر و کاربری زمین از طرح نمونه‌برداری سلسله‌مراتبی در چهار حوضه استفاده شد. نتایج نشان داد که ساختار و ترکیب جامعه بی‌مهرگان درشت کف‌زی متفاوت است، هم‌چنین، سنجه فرکتال بهترین متغیر پیش‌بینی کننده برای ترکیب عملکرد جامعه بی‌مهرگان اعماق دریا گزارش شد. آگیولرا^۹ و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در تحلیل الگوهای کاربری اراضی شهری در منطقه شهری اسپانیا پرداختند. برای تعیین کمیت تغییرات در الگوهای رشد شهری منعکس شده در سه سناریوی آینده (۲۰۲۰) از سنجه‌های سیمای سرزمین استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده کاهش تجمع کاربری‌های مسکونی با تراکم بالا در یک سناریو و رشد خطی الگوهای کاربری اراضی صنعتی در سناریوی دیگر بود. به این ترتیب، برای ارزیابی برنامه‌ریزی شهری استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین مفید است.

در پژوهشی دیگر گیرالدو^{۱۰} (۲۰۱۲) به بررسی مقیاس مکانی و تکه‌شدگی کاربری‌ها در پایش فرآیند آب در کلمبیا پرداخت. وی با استفاده از سنجه‌های دور^{۱۱} و سامانه اطلاعات جغرافیایی^{۱۲}، تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه تکه‌های کاربری‌های ایجاد شده به این نتیجه رسید که لکه‌های کاربری متنوع اثر معنی‌داری در فرآیندهای هیدرولوژیک دارند. در ژاپن نیز کانگ^{۱۳} و همکاران

1. Edge Density (ED)
2. Patch Density (PD)
3. Contrast-Weighted Edge Density
4. Mean patch area
5. Percentage of like adjacencies
6. Amsalu
7. Aspinall & Hill
8. Cortes
9. Aguilera
10. Giraldo
11. Remote Sensing (RS)
12. Geographical Information System (GIS)
13. Kang

(۲۰۱۳) پس از محاسبه سنججه‌های شاخص تنوع شانون^۱، چیرگی^۲، شاخص یکنواختی شانون^۳، درصد سیما^۴، تراکم حاشیه (ED)^۵، تراکم لکه^۶ و میانگین اندازه لکه^۷ در سال‌های ۱۸۸۸، ۱۹۰۹، ۱۹۶۱ و ۲۰۰۲ به این نتیجه رسیدند که تنوع در سیمای سرزمین کاهش یافته و نواحی شهری، علفزار، شالیزار و مرتع در داخل لکه‌های بزرگ متمرکز شده‌اند و تکه‌شدگی مربوط به عوارض آبی بوده است. چمیلوسکی^۸ و همکاران (۲۰۱۴)، به تجزیه و تحلیل پوشش زمین و تنوع چشم‌انداز تغییرات پوشش زمین در بخش ذخیره گاه زیستی در سه دریاچه بر اساس عکس‌های هوایی گرفته شده در سال‌های ۱۹۵۲، ۱۹۷۱، ۱۹۸۴، ۱۹۹۲ و ۲۰۰۷ و یک تصویر ماهواره‌ای IKONOS از سال ۲۰۰۳ پرداختند. نتایج نشان داد که ویژگی ساختار پوشش زمین به‌طور چشم‌گیری در طول ۴۰ سال گذشته تغییر کرده است.

میتچل^۹ و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی اثر تکه‌شدگی سیمای سرزمین بر خدمات بوم‌سازگان در کشور برزیل پرداختند. در این پژوهش روابط اقتصادی، اجتماعی و سیاسی مد نظر قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثرات تکه‌شدگی می‌تواند اثرات مثبت و منفی بر بوم‌سازگان داشته باشد. محمود و دیویگالپیتیا^{۱۰} (۲۰۱۷) به مدل‌سازی کاربری اراضی آینده و تغییر پوشش زمین در منطقه آسیوت با استفاده از زنجیره مارکوف پرداختند. نتایج حاکی از این بود که ترکیبی از نیروهای محرکه در طول دوره‌های مختلف وجود دارد و موجب بحرانی شدن روند توسعه شهری کنونی شده است. هم‌چنین، لام^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر تکه‌شدگی سیمای سرزمین بر از دست دادن زمین در ساحل لوئیزیانا^{۱۲} در ایالت جنوبی آمریکا پرداختند. در این پژوهش از تصاویر لندست TM⁺، سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰ و از ابعاد فراکتال منطقه و همبستگی فضایی^{۱۳} استفاده شد. نتایج نشان داد که تکه‌شدگی سیمای سرزمین منجر به از دست دادن بیش‌تر زمین می‌شود. بریلا و ایسوفی^{۱۴} (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای در منطقه کوزوو^{۱۵} پراکندگی شهرها با استفاده از GIS، RS و سنججه‌های سیمای سرزمین را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در طول دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۰ در شهر پریشیتینا^{۱۶} مساحت مناطق شهری به میزان ۱۶/۴۶ کیلومتر مربع افزایش یافته است.

در ایران نیز نصیری و درویش‌صفت (۱۳۹۷) در تحلیل کاربری و پوشش زمین منطقه ارسباران با استفاده از بوم‌شناسی سیمای سرزمین نتیجه گرفتند که بیش‌ترین تعداد لکه مربوط به پوشش‌های مرتعی و جنگل کم‌تراکم است. نتایج محاسبه سنججه‌ها در سطح سیمای سرزمین نشان‌گر آن بود که منطقه از ۸۰۲ لکه با کاربری‌های مختلف تشکیل شده و هم‌چنین سیمای سرزمین منطقه ناهمگون و گوناگون است. نظرنژاد و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی تغییرات پیوستگی و الگوی کاربری اراضی با استفاده از سنججه‌های سیمای سرزمین در حوزه آبخیز زولاچای، سلماس پرداختند. نتایج نشان‌دهنده افزایش سنججه تعداد لکه و افزایش تراکم لکه بود که این امر افزایش ناهمگنی در کاربری اراضی را نشان می‌دهد. مختاری و همکاران (۱۳۹۸) در آشکارسازی و مدل‌سازی روند تغییرات کاربری اراضی جنگلی حوزه آبخیز قره‌سو با استفاده از سنججه‌های سیمای سرزمین نتیجه گرفتند که در مدت زمانی ۳۱ سال، ۲۶۳۲

1. Shannon's Diversity Index (SHDI)
2. Dominance Index
3. Shannon's Diversity Index (SHDI)
4. Percent Scape
5. Edge Density (ED)
6. Patch Density (ED)
7. Mean Patch Size
8. Chmielewski
9. Mitchell
10. Divigalpitiya
11. Lam
12. Louisiana
13. Spatial autocorrelation
14. Berila & Isufi
15. Kozovo
16. Prishtina

هکتار جنگل زدایی شده و سیمای پهنه‌های جنگلی در بازه زمانی مورد مطالعه، تکه‌تکه‌تر، ناپیوسته‌تر، کوچک‌تر و نامنظم‌تر شده است. عبدالشاه‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸) به پایش روند تغییرات کاربری اراضی و نقش آن بر سنجه‌های سیمای سرزمین در شمال شرق اهواز پرداختند. نتایج نشان داد که کاربری اراضی شهری، بیشه‌زار و تپه‌های ماسه‌ای دارای روند افزایشی است، ولی کاربری اراضی بایر دارای روند کاهشی است. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۹) در ارزیابی تغییرات مکانی سنجه‌های سیمای سرزمین در پوشش گیاهی جوامع حاشیه متأثر از نوع کاربری اراضی در رودخانه قره‌سو استان اردبیل نتیجه گرفتند که تفاوت معنی‌داری بین کاربری باغ با سایر کاربری‌ها در سطح لکه و سیما وجود دارد. کاکه‌ممی و همکاران (۱۳۹۹) در تحلیل تغییرات کاربری اراضی استان اردبیل با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین نتیجه گرفتند که میانگین مساحت پوشش و اندازه لکه در دوره زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به مرتع است که روند آن کاهشی است.

جمع‌بندی پیشینه تحقیق تأکید بر لزوم انجام مطالعات گسترده‌تر و جامع‌تر در زمینه ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و نیز تحلیل ارتباط بین آن‌ها و تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین دارد. بر همین اساس، در تحقیق حاضر، بررسی تغییرات کاربری اراضی در دوره‌های زمانی ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین برای حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی واقع در استان اردبیل انجام شد تا با اطلاع داشتن از تغییرات هر یک از کاربری‌ها، اقدامات و تصمیمات مدیریتی مناسبی برای استفاده درست از آن‌ها صورت گیرد.

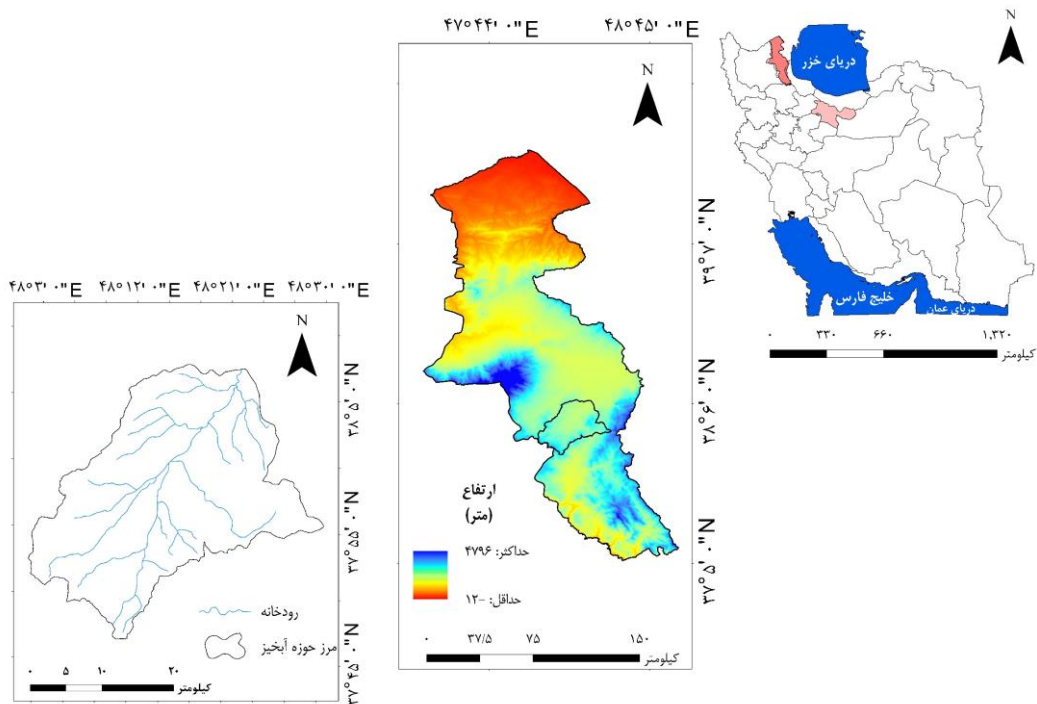
مواد و روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی واقع در استان اردبیل دارای مساحت ۸۰۵/۷۰ کیلومتر مربع و محیط ۱۴۸/۹۸ کیلومتر است. این حوضه دارای مختصات جغرافیایی $48^{\circ}22'01''$ تا $48^{\circ}30'00''$ طول شرقی و $38^{\circ}07'28''$ تا $38^{\circ}03'01''$ عرض شمالی است. تراکم جمعیت در این حوضه برابر با ۹/۵۷ نفر در کیلومتر مربع است. به‌طور کلی ۶۵ روستا از جمله قلعه‌جوق، خان‌قشلاقی، جعفرلو و مولان در این حوضه وجود دارد. پایین‌ترین و بالاترین ارتفاع حوضه به ترتیب برابر با ۱۳۷۸ و ۲۵۴۹ متر نسبت به سطح دریاست. هم‌چنین حداکثر و حداقل بارش در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۵۸۰ و ۳۱۸ میلی‌متر، حداقل و حداکثر دمای هوا نیز ۹/۴ و ۴/۳ درجه سانتی‌گراد بوده است (علانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ حزباوی و همکاران، ۱۳۹۹). شکل (۱) موقعیت حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی را در سطح کشور و استان اردبیل نمایش می‌دهد.

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

در این تحقیق بر اساس کیفیت تصاویر ماهواره‌ای، حداکثر پوشش گیاهی و عدم وجود پوشش ابر در منطقه مورد مطالعه، سه تصویر از ماهواره لندست در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ انتخاب و از پایگاه اطلاعاتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) دریافت شد. جدول (۱) مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت حوزه آبخیز کوزه تیراقی در ایران و استان اردبیل

جدول (۱): مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق حاضر

تاریخ	ردیف و گذر	سنجنده	ماهواره	میلادی	شمسی
				05 June 2000	۱۶ خرداد ۱۳۷۹
01 June 2010	۱۱ خرداد ۱۳۸۹	۱۶۷/۳۳	ETM+	لندست ۷	
27 May 2021	۶ خرداد ۱۴۰۰	۱۶۸/۳۳	OLI	لندست ۸	

پردازش تصاویر ماهواره‌ای

پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای باندهای تصویر توسط نرم‌افزار ENVI 5.3 به صورت سه باند مختلف و اختصاص سه رنگ قرمز، سبز و آبی به هر باند ترکیب شدند. به دلیل وجود خطاها و اثرات پراکندگی موجود در جو داده‌ها و تصاویر سنجنش از دوری باید مورد تصحیح اتمسفری قرار بگیرند. پردازش تصاویر ماهواره‌ای مجموعه داده‌های سری لندست به صورت تصحیحات رادیومتریک اتمسفری با استفاده از الگوریتم FLAASH^۱ در نرم‌افزار ENVI انجام شد. مدل FLAASH یکی از اولین ابزارهای تصحیح اتمسفری است که طول موج‌هایی را از گستره مرئی تا ۳ میکرومتر پوشش می‌دهد (آقائی و همکاران، ۱۳۹۹). هم‌چنین برای بازسازی تصاویر معیوب ناشی از کار نکردن تصحیح‌کننده خط اسکن^۲ (SLC) حاوی خطوط نواری شکل ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM+ سال ۱۳۸۹ از دستور ج در نرم‌افزار Erdas Imagine 2014 استفاده شد (خوارزمی و همکاران، ۱۳۹۵).

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی / پوشش اراضی

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی / پوشش اراضی (LULC^۳) با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده و کمک گرفتن از تصاویر

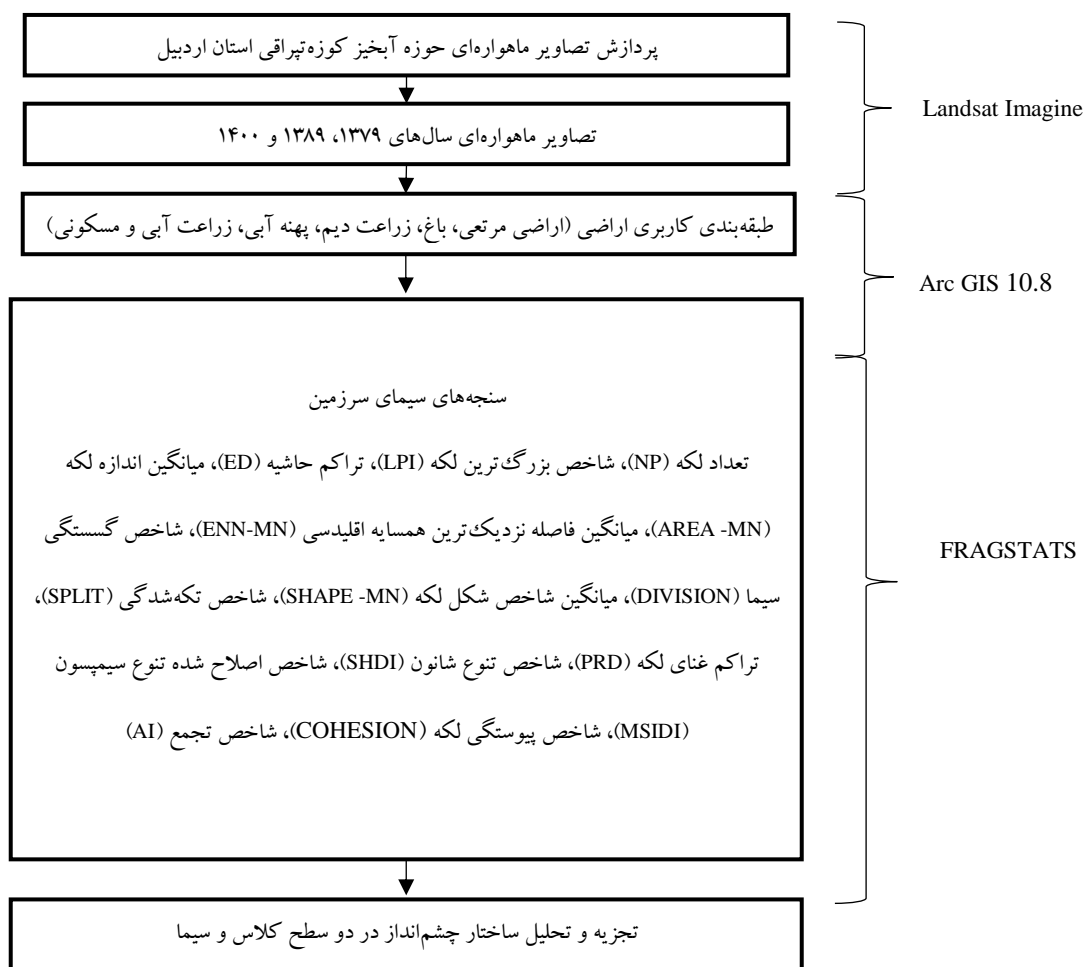
1. Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube
 2. Scan Line Corrector
 3. Land use/land cover

Google Earth برای بازه‌های زمانی ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ با نرم‌افزار ArcGIS 10.8 استخراج شد. در نهایت برای ارزیابی صحت نقشه‌های تهیه شده، ضریب کاپا برآورد شد (آقائی و همکاران، ۱۳۹۹). رابطه ۱ محاسبه ضریب کاپا را نشان می‌دهد.

$$Kappa\ coefficient\ (T) = \frac{(Tc \times Tcs) - \sum(Column\ Total \times Row\ Total)}{Ts^2 - \sum(Column\ Total - Row\ Total)} \times 100 \quad (1)$$

محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین

عنوان برنامه‌ای است که برای کمی کردن ساختار و الگوی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نرم‌افزار مجموعه کاملی از سنجه‌های سیمای سرزمین است. برای تحلیل مکانی سنجه‌های مختلف، لکه‌های کاربری اراضی تشکیل دهنده سیمای سرزمین در محیط‌های ناهمگن و شرایط متفاوت مناسب هستند. به ازای هر ورودی در نرم‌افزار Fragstats سه فایل خروجی ایجاد می‌شود. هر سه فایل خروجی با نام Class، Patch و Landscape در محیط Excel ذخیره شده و قابل مشاهده و تجزیه و تحلیل است. آنچه که سنجه‌های سیمای سرزمین را کاربردی تر ساخته است، امکان مقایسه سیمای سرزمین‌های مختلف با استفاده از یک روش مشابه، ارزیابی در یک سیمای سرزمین خاص برای دفعات متعدد و مقایسه سیمای سرزمین‌های مشخص با گزینه‌های مختلف است (مک‌گاریگال، ۲۰۱۵). در شکل (۲)، نمای کلی از مراحل انجام تحقیق نشان داده شده است.



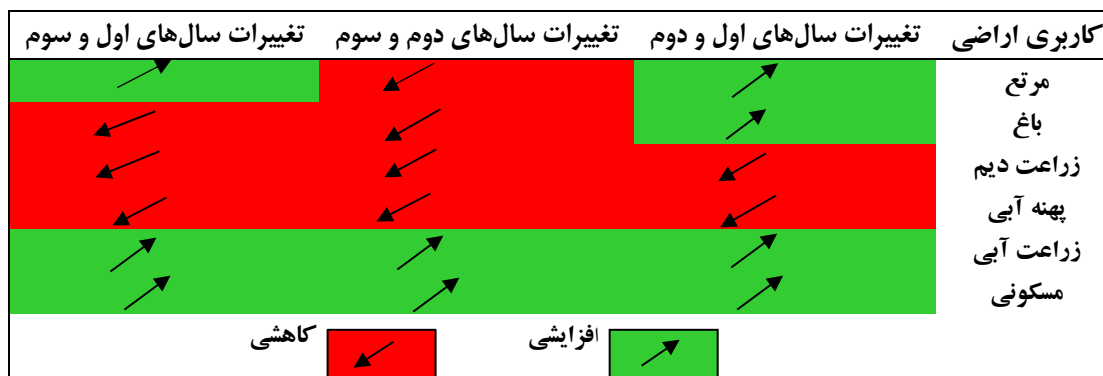
شکل (۲): مراحل انجام تحقیق

یافته‌های تحقیق

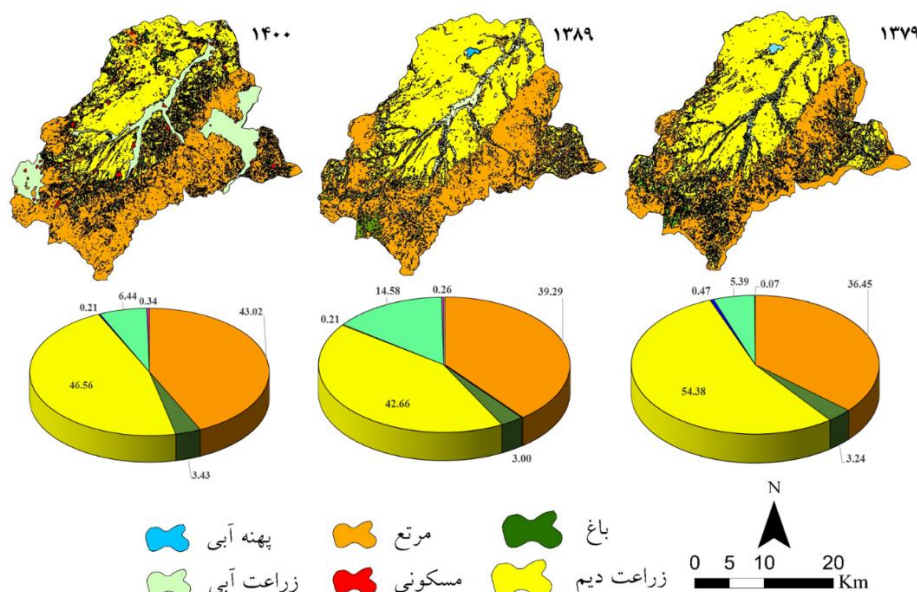
نتایج تغییرات مساحت کاربری اراضی به تفکیک در مقطع‌های زمانی ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ در جدول (۲) و شکل‌های (۳) و (۴) ارائه شده است. با توجه به این نتایج، کاربری‌های اراضی مرتع، باغ، زراعت دیم، پهنه آبی، زراعت آبی و مسکونی از سال ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰ به ترتیب روندهای افزایشی، افزایشی-کاهشی، کاهشی، کاهشی، افزایشی و افزایشی طی کرده‌اند. مقادیر ضریب کاپا برای نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده در سال ۱۳۷۹ برابر ۵۸/۲ درصد، سال ۱۳۸۹ برابر ۷۵ درصد و سال ۱۴۰۰ برابر ۵۹/۲ درصد به دست آمد.

جدول (۲): نتایج تغییرات مساحت کاربری اراضی حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی

مساحت (هکتار)			سال	کاربری
۱۴۰۰	۱۳۸۹	۱۳۷۹		
۳۱۵۳۲/۰۹	۳۴۵۶۱/۲۹	۲۹۲۷۹/۸۶	مرتع	
۲۴۰۷/۹۷	۲۷۵۶/۹۷	۲۶۰۶/۰۲	باغ	
۳۴۲۳۴/۷۹	۳۷۴۰۶/۳۹	۴۳۶۸۵/۹۰	زراعت دیم	
۱۶۷/۶۴	۱۶۹/۳۳	۳۷۴/۲۴	پهنه آبی	
۱۱۷۰۰/۵۰	۵۱۷۲/۴۸	۴۳۳۳/۲۰	زراعت آبی	
۲۰۸/۳۴	۲۷۱/۶۲	۵۸/۸۷	مسکونی	



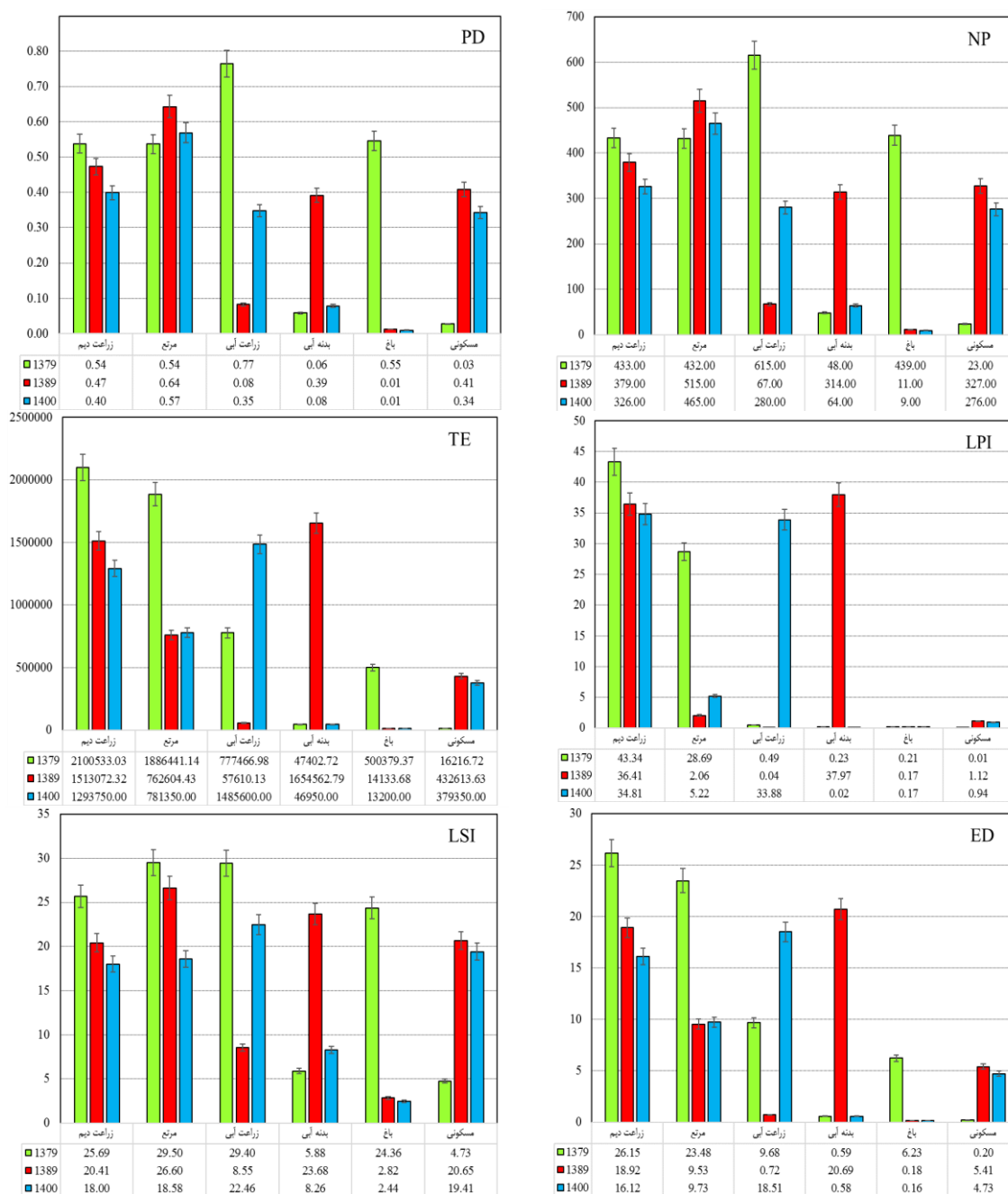
شکل (۳): روند تغییرات کاربری اراضی در سال‌های مورد بررسی



شکل (۴): نقشه پوشش اراضی حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی در سال‌های مورد بررسی

تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح کلاس

نتایج حاصل از ارزیابی تغییرات مکانی سنجه‌های سیمای سرزمین حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی در شکل ۵ نشان داده شده است. تعداد لکه برای اندازه‌گیری میزان گسستگی سیمای سرزمین به کار می‌رود و تعداد لکه‌های یک کلاس معین را نشان می‌دهد. مقدار آن بزرگ‌تر یا مساوی یک است. وقتی سیمای سرزمین فقط از یک لکه تشکیل شده باشد این مقدار برابر یک است (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴). برای حوضه مورد مطالعه بیش‌ترین تعداد لکه در سال ۱۳۷۹ مربوط به زراعت آبی (۴۳۳) و کم‌ترین آن برای کاربری مسکونی (۲۳) و برای سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ بیش‌ترین تعداد لکه مربوط به زراعت آبی (به ترتیب برابر ۵۱۵ و ۴۶۵) و کم‌ترین آن برای پهنه آبی (به ترتیب برابر ۱۱ و ۹) به دست آمد. هم‌چنین، نصیری و درویش صفت (۱۳۹۷) در تحلیل کاربری و پوشش زمین با استفاده از بوم‌شناسی سیمای سرزمین نتیجه گرفتند که بیش‌ترین تعداد لکه مربوط به پوشش‌های مرتعی و جنگل کم‌تراکم است.

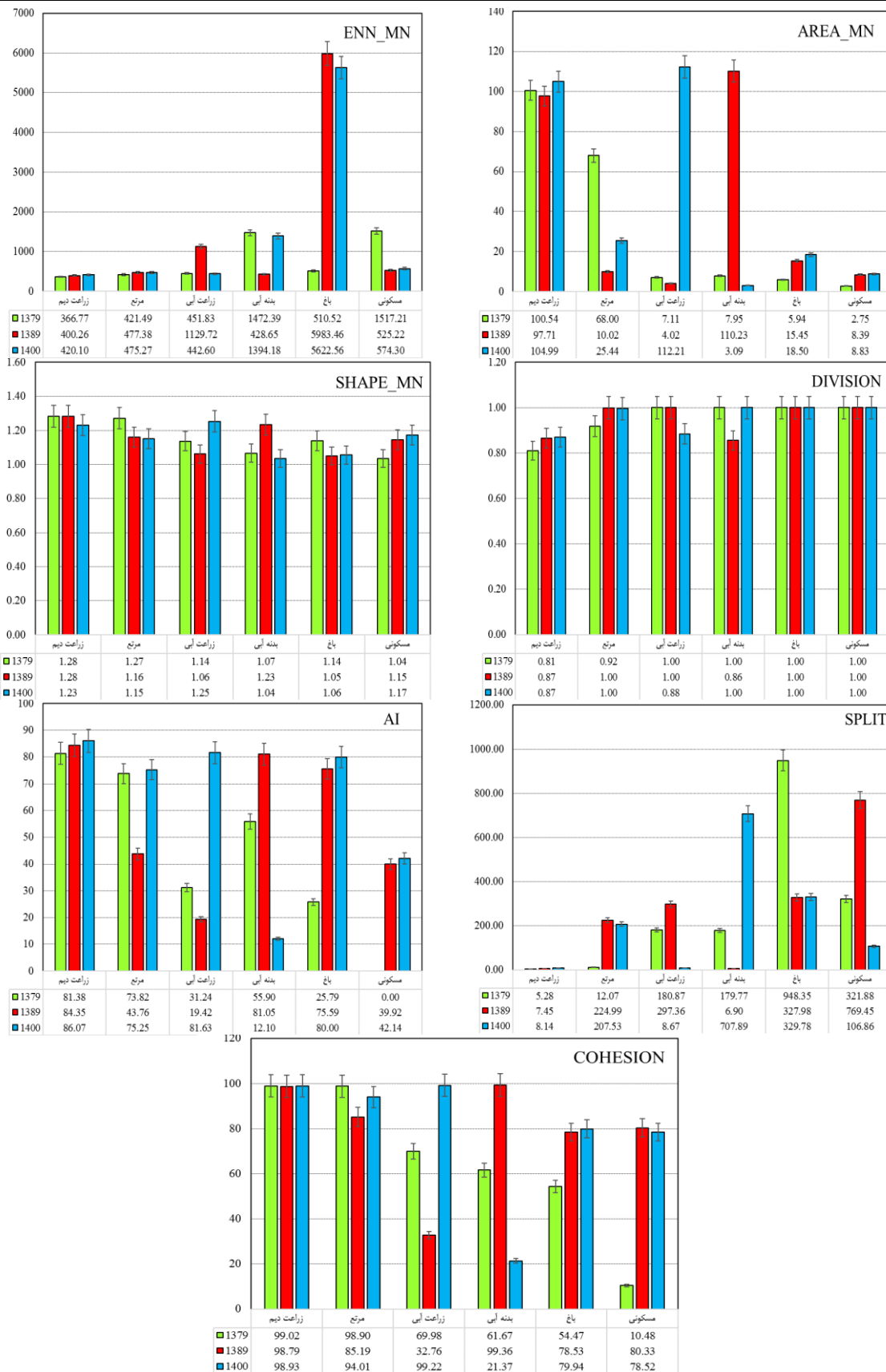


شکل (۵): مقادیر سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس در سال‌های مورد بررسی

سنجه تراکم لکه برای اندازه‌گیری میزان اتصال و پیوستگی کاربری‌ها کاربرد دارد. پیوستگی بین لکه‌ها به صورت معکوس با سنجه تراکم لکه ارتباط دارد. به این ترتیب با افزایش تراکم لکه، پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و لکه‌ها کوچک‌تر و منظم‌تر می‌شوند (کانگ و همکاران، ۲۰۱۳). بیش‌ترین تراکم لکه در سال ۱۳۷۹ مربوط به زراعت آبی (۰/۷۷) و کم‌ترین آن مربوط به کاربری مسکونی (۰/۰۳) است. برای سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ بیش‌ترین تراکم لکه مربوط به زراعت آبی (به ترتیب برابر ۰/۶۴ و ۰/۵۷) و کم‌ترین آن مربوط به پهنه آبی (هر دو ۰/۰۱) به دست آمد. نتایج پژوهش نظرنژاد و همکاران (۱۳۹۸) در ارزیابی تغییرات پیوستگی و الگوی کاربری اراضی نشان‌دهنده افزایش تعداد و تراکم لکه‌ها بود. این نتیجه با یافته‌های نظرنژاد و همکاران (۱۳۹۸) مبنی بر این که افزایش تعداد و تراکم لکه‌ها، افزایش ناهمگنی در کاربری اراضی را نشان می‌دهد، مطابقت دارد. حداکثر مقدار شاخص بزرگ‌ترین لکه در هر سه سال ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ مربوط به کاربری زراعت دیم و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری مسکونی است و مقدار آن بین ۰/۰۲-۳۴/۸۱ تغییر می‌کند.

حاشیه کل در سطح سیمای سرزمین، مجموع حاشیه یک اندازه مطلق از طول حاشیه کل یک نوع لکه خاص است (مک‌گاریگال و انه، ۲۰۱۳). با افزایش حاشیه کل، اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و لکه‌ها کوچک و منظم‌تر می‌شوند. مقدار عددی این شاخص زمانی برابر صفر خواهد بود که هیچ حاشیه‌ای در سیمای سرزمین وجود نداشته باشد. یعنی زمانی که کل سیمای سرزمین و مرز آن، دارای یک لکه باشد (مک‌گاریگال، ۲۰۰۱). در سطح سیمای سرزمین رابطه بین تراکم حاشیه (ED) و تکه‌شدگی (SPLIT) مثبت است، و با افزایش تراکم حاشیه (ED)، تکه‌شدگی در آن زیرحوضه افزایش می‌یابد. تراکم حاشیه (ED) معیار مهمی برای نشان دادن عملکرد حوزه آبخیز است (مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷). 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، ۲۰۰۱). بیش‌ترین تراکم حاشیه (ED) در سال ۱۳۷۹ مربوط به زراعت دیم (۲۶/۱۵) و کم‌ترین مقدار آن مربوط به کاربری پهنه آبی (۰/۵۹) است. هم‌چنین، بیش‌ترین مقدار تراکم حاشیه (ED) در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ مربوط به کاربری مرتع (به ترتیب برابر ۲۰/۶۹ و ۱۸/۵۱) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری پهنه آبی (به ترتیب برابر ۰/۱۸ و ۰/۱۶) به دست آمد.

شاخص شکل لکه یک معادله سنجه تجمعی با ویژگی مکانی پراکندگی است (مک‌گاریگال، ۲۰۰۱). 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، ۲۰۱۳). حداکثر مقدار شاخص شکل لکه در سال ۱۳۷۹ مربوط به کاربری مرتع (۲۹/۵) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری مسکونی (۴/۷۳) و در سال ۱۳۸۹ حداکثر و حداقل مقدار شاخص شکل لکه به ترتیب مربوط به زراعت آبی (۲۶/۶۰) و پهنه آبی (۲/۸۲) و برای سال ۱۴۰۰ حداکثر مقدار این شاخص مربوط به کاربری مرتع (۲۲/۴۶) و حداقل مقدار آن مربوط به پهنه آبی (۲/۴۴) است.



ادامه شکل (۵): مقادیر سنجش‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس در سال‌های مورد بررسی

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، ۲۰۰۱). حداکثر مقدار میانگین اندازه لکه در هر سه سال ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ مربوط به کاربری زراعت دیم (به ترتیب برابر مقادیر عددی ۱۰۰/۵۴، ۹۷/۷۱ و

۱۰۴/۹۹) و حداقل مقدار آن در هر سه سال مربوط به کاربری مسکونی (به ترتیب برابر ۲/۷۵، ۴/۰۲ و ۳/۰۹) است. معیار نزدیکترین فاصله همسایگی با استفاده از هندسه ساده اقلیدسی به عنوان کوتاهترین فاصله مستقیم بین لکه مرکزی و نزدیکترین همسایه آن کلاس تعریف شده است (مک گاریگال و انه، ۲۰۱۳). این معیار برای یک لکه مربع شکل برابر با یک است و با افزایش بی‌نظمی شکل، بزرگتر می‌شود (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴). حداکثر مقدار میانگین نزدیکترین فاصله همسایگی در سال ۱۳۷۹ مربوط به کاربری مسکونی (با مقدار عددی ۱۵۱۷/۲۱) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری زراعت دیم (با مقدار عددی ۳۶۶/۷۷) است. هم‌چنین حداکثر مقدار میانگین نزدیکترین فاصله همسایگی در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ مربوط به کاربری پهنه آبی (به ترتیب برابر با ۵۹۸۳/۴۶ و ۵۶۲۲/۵۶) و حداقل آن در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ مربوط به زراعت دیم (به ترتیب برابر با ۴۰۰/۲۶ و ۴۲۰/۱۰) است.

حداکثر مقدار شاخص میانگین شکل لکه برای حوزه آبخیز مورد مطالعه در سال ۱۳۷۹ مربوط به کاربری دیم (۱/۲۸) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری مسکونی (۱/۰۴) است. برای سال ۱۳۸۹ نیز حداکثر مقدار شاخص میانگین شکل لکه مربوط به کاربری دیم (۱/۲۸) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری پهنه آبی (۱/۰۵) است. هم‌چنین، برای سال ۱۴۰۰ حداکثر مقدار شاخص میانگین شکل لکه مربوط به کاربری مرتع (۱/۲۵) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری مسکونی (۱/۰۴) به دست آمد. معیارهای گسستگی سیما و تکه شدگی به توصیف دخالت انسان‌ها و میزان انسجام اشاره دارند (مک گاریگال، ۲۰۰۱). مقدار گسستگی سیما در حوزه آبخیز مورد مطالعه در سال ۱۳۷۹ بین ۰/۸۱-۱ و در سال ۱۳۸۹ بین ۰/۸۶-۱ و در سال ۱۴۰۰ بین ۰/۸۷-۱ متغیر بوده است. این نتایج با کانگ و همکاران (۲۰۱۳) که در سال‌های ۱۸۸۸، ۱۹۰۹، ۱۹۶۱ و ۲۰۰۲ به این نتیجه رسیدند تنوع در سیمای سرزمین کاهش یافته و نواحی شهری، علفزار، شالیزار و مرتع در داخل لکه‌های بزرگ متمرکز شده‌اند و جداشدگی مربوط به پهنه آبی بوده است، مطابقت دارد.

تکه‌شدگی بر اساس توزیع لکه‌های تجمعی است و به‌عنوان شبکه موثر یا تعداد لکه‌هایی با اندازه ثابت زمانی تفسیر می‌شود (مک گاریگال و انه، ۲۰۱۳). وقتی که سیمای سرزمین به لکه‌های کوچک تقسیم می‌شود، این معیار حداکثر مقدار را دارد؛ یعنی زمانی که هر سلول یک لکه جداگانه باشد (مک گاریگال، ۲۰۰۱؛ آکساکایا و همکاران، ۲۰۰۶). حداکثر مقدار تکه‌شدگی در سال ۱۳۷۹ مربوط به کاربری مسکونی (۳۲۱۰۷۱۰۵/۸۸) و حداقل آن مربوط به کاربری زراعت دیم (۵/۲۸) است. هم‌چنین، برای سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ حداکثر مقدار تکه‌شدگی مربوط به کاربری مسکونی (به ترتیب برابر ۲۹۷۵۶۴۷/۳۶ و ۷۰۷۲۵۶۸/۸۹) و حداقل آن مربوط به کاربری زراعت دیم (به ترتیب برابر ۷/۴۵ و ۸/۱۴) به دست آمد. هم‌چنین گیرالدو (۲۰۱۲) در بررسی مقیاس مکانی و تکه‌شدگی کاربری‌ها در پایش فرآیند آب در کلمبیا نتیجه گرفتند که لکه‌های کاربری متنوع اثر معنی‌داری در فرآیندهای هیدرولوژیک دارند. سو و همکاران (۲۰۱۴)، در بررسی تکه‌شدگی سیمای سرزمین از سنج‌های تعداد لکه، حاشیه کل، شکل سیمای سرزمین، بزرگ‌ترین لکه، میانگین سطح لکه، میانگین شاخص شکل لکه استفاده شد. نتایج نشان داد که زراعت می‌تواند انجام شود.

حداکثر مقدار شاخص تجمع در سال ۱۳۷۹ مربوط به کاربری زراعت دیم (۸۱/۳۸) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری مسکونی (۰) است. در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ نیز حداکثر مقدار شاخص تجمع مربوط به زراعت دیم (به ترتیب برابر ۸۴/۳۵ و ۸۶/۰۷) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری مسکونی (به ترتیب برابر ۱۹/۴۲ و ۱۲/۱۰) به دست آمد. شاخص پیوستگی لکه (COHESION) ارتباط فیزیکی لکه‌های مربوط به یک کاربری را بیان می‌کند. با افزایش پیوستگی لکه‌ها مقدار این شاخص نیز افزایش خواهد یافت (علائی و همکاران، ۱۳۹۸). حداکثر مقدار شاخص پیوستگی لکه در سال ۱۳۸۹ مربوط به کاربری مرتع (۹۹/۳۶) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری مسکونی (۳۲/۷۶) است. در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۴۰۰ حداکثر مقدار این شاخص مربوط به کاربری زراعت دیم (به ترتیب برابر ۹۹/۰۲ و ۹۸/۹۳) و حداقل مقدار آن مربوط به کاربری مسکونی (به ترتیب برابر ۱۰/۴۸ و ۲۱/۳۷) به دست آمد.

تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح سیما

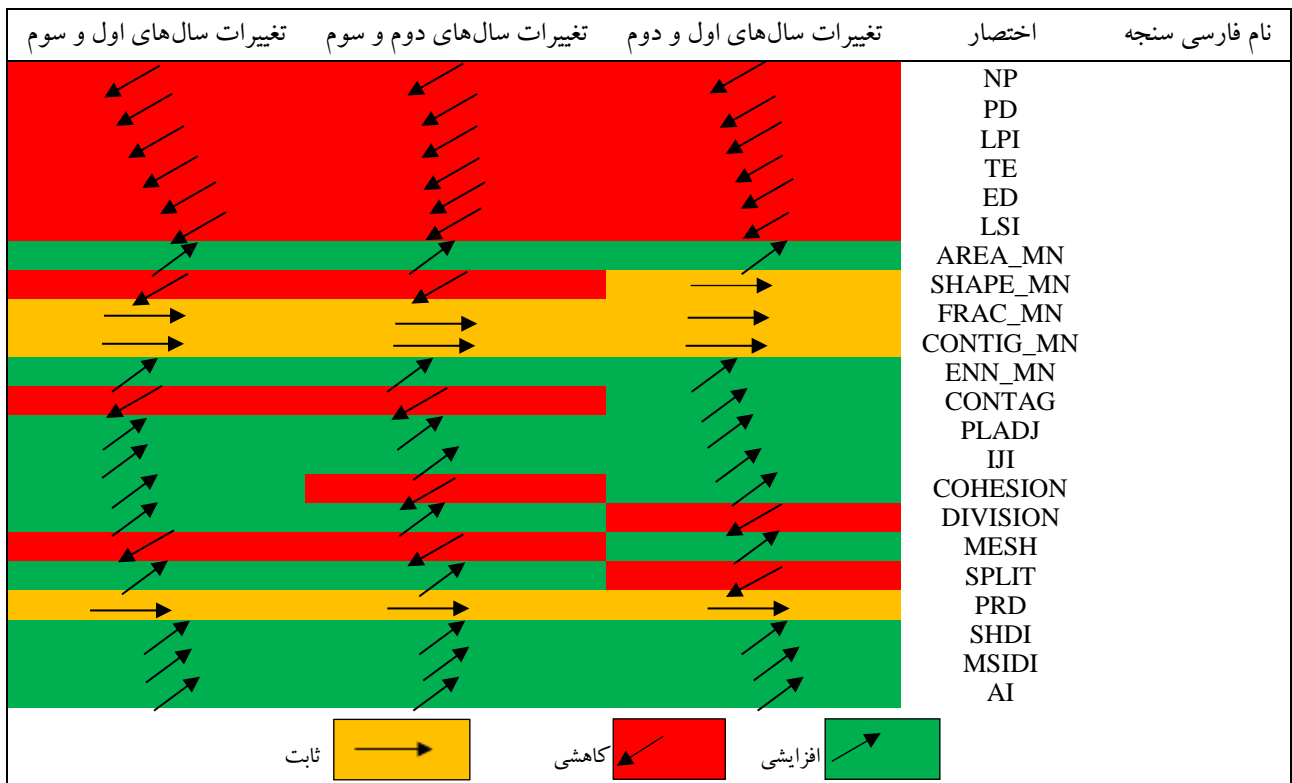
شکل (۶)، روند تغییرات سنجه‌ها در سطح سیما در سال‌های مورد بررسی (۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰) را نشان می‌دهد. در این تجزیه و تحلیل، حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی به‌عنوان سیمای یکپارچه ارزیابی شد. در جدول ۳، نتایج حاصل از ۲۲ سنجه حوزه آبخیز مورد مطالعه نشان داده شده است. با توجه به جدول (۳) و نتایج مشخصه‌های آماری این سنجه‌ها می‌توان نتیجه‌گیری کرد که حداکثر تراکم لکه مربوط به سال ۱۳۷۹ و حداقل مقدار مربوط به سال ۱۴۰۰ بوده است. وجود تراکم بالای لکه در حوزه آبخیز نشان‌دهنده تخریب کاربری اراضی است که باعث افزایش تکه‌شدگی نیز شده است. پایین بودن سنجه بزرگ‌ترین اندازه لکه و میانگین اندازه لکه، به معنی تکه‌شدگی بیش‌تر سیمای سرزمین است (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴). با توجه به جدول (۳)، مقدار شاخص بزرگ‌ترین لکه در سال ۱۳۷۹ با مقدار عددی ۴۳/۳۴ و کم‌ترین آن در سال ۱۴۰۰ با مقدار ۳۴/۸۱ به‌دست آمد. با افزایش و کاهش مقدار عددی شاخص بزرگ‌ترین لکه به ترتیب میزان تکه‌شدگی سیمای سرزمین کاهش و افزایش می‌یابد. از این‌رو، در سال ۱۳۷۹ میزان تکه‌شدگی کم‌ترین مقدار و در سال ۱۴۰۰ بیش‌ترین مقدار می‌باشد.

هر چه تراکم حاشیه (ED) بیش‌تر باشد پیوستگی و اتصال سیمای سرزمین بیش‌تر می‌شود. بنابراین با توجه به جدول (۳)، حداکثر اتصال بین لکه‌ها در سال ۱۳۷۹ بوده و در سال ۱۴۰۰ حداقل تراکم حاشیه (ED) و در نتیجه بیش‌ترین تکه‌شدگی مشاهده می‌شود. سنجه LSI، نسبت محیط (طول حاشیه) لکه به حداقل محیط ممکن برای یک لکه با حداکثر تجمع (انباشتگی) را نشان می‌دهد، عدد آن برابر یک، یعنی سیمای سرزمین شامل یک لکه با حداکثر فشردگی و تقریباً مربع شکل است، وقتی که لکه پراکنده‌تر، مرز بی‌نظم‌تر و شکل آن پیچیده‌تر شود مقادیر آن بدون محدودیت افزایش می‌یابد. با توجه به جدول ۳، چون همه مقادیر زیرحوزه‌های آبخیز بیش‌تر از یک می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت شکل لکه‌ها در تمامی سال‌های مورد بررسی نامنظم می‌باشد. میانگین شاخص شکل لکه (SHAPE_MN) از نسبت محیط لکه به کم‌ترین محیط ممکن برای لکه با بیش‌ترین فشردگی به‌دست می‌آید. این سنجه برای لکه مربع شکل برابر یک است و با نامنظم شدن شکل، بیش‌تر می‌شود. با توجه به جدول (۳)، روند تغییرات SHAPE_MN برای سال‌های مورد بررسی روند کاهشی کمی داشته است، به طوری که از مقدار عددی ۱/۲۰ در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ به مقدار ۱/۱۹ در سال ۱۴۰۰ رسیده است. حداکثر کل حاشیه (TE) ۲۶۶۴۲۱۹/۹۸ برای سال ۱۳۷۹ ارزیابی شد. طبق تغییرات این سنجه روند به‌صورت کاهشی بوده است. با افزایش حاشیه کل، اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و لکه‌ها کوچک و منظم‌تر می‌شوند (مک‌گاریگال، ۲۰۱۳).

شاخص پیوستگی لکه‌ها (COHESION) ارتباط فیزیکی لکه‌های مربوط به کاربری‌ها را بیان می‌کند. با افزایش پیوستگی لکه‌ها مقدار این شاخص نیز افزایش خواهد یافت. با توجه به نتایج جدول ۳، مقادیر به‌دست آمده برای تمام بخش‌های حوزه آبخیز تقریباً در یک سطح هستند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پیوستگی لکه‌ها در تمامی سال‌های مورد بررسی وجود دارد. سنجه‌های سیمپسیون و شانون از مهم‌ترین سنجه‌ها 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 سنجه‌ها برابر با صفر و زمانی که تعداد لکه افزایش می‌یابد و توزیع منطقه متناسب با انواع لکه بیش‌تر شود، مقدار آن‌ها یک خواهد بود (مک‌گاریگال، ۲۰۱۳). سنجه شانون نسبت به نادرترین لکه‌ها حساس است. هر چه میزان سنجه‌های تنوع به یک نزدیک شود، میزان تنوع افزایش می‌یابد. هر چه این مقدار به صفر نزدیک شود از میزان تنوع کاسته می‌شود. بنابراین همان‌طور که در جدول ۳، مشاهده می‌شود، مقادیر مربوط به تنوع لکه‌ها در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ بالاتر از یک است که تنوع و فراوانی بالا را نشان می‌دهند.

جدول (۳): مقادیر سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح سیما در سال‌های مورد بررسی

نام فارسی سنجه	اختصار	۱۳۷۹	۱۳۸۹	۱۴۰۰	روند تغییرات
	NP	۱۹۹۰	۱۶۱۳	۱۴۲۰	کاهشی
	PD	۲/۴۸	۲/۰۲	۱/۷۷	کاهشی
	LPI	۴۳/۳۴	۳۷/۹۷	۳۴/۸۱	کاهشی
	TE	۲۶۶۴۲۱۹/۹۸	۲۲۱۷۲۹۸/۴۹	۲۰۰۰۱۰۰/۰۰	کاهشی
	ED	۳۳/۱۶	۲۷/۷۲	۲۴/۹۱	کاهشی
	LSI	۲۵/۱۲	۲۱/۲۰	۱۹/۳۱	کاهشی
	AREA_MN	۴۰/۳۷	۴۹/۵۹	۵۶/۵۴	افزایشی
	SHAPE_MN	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۱۹	ثابت-کاهشی
	FRAC_MN	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۳	ثابت
	CONTIG_MN	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	ثابت
	ENN_MN	۴۷۶/۶۱	۵۲۴/۱۲	۵۴۹/۴۵	افزایشی
	CONTAG	۵۱/۱۰	۵۲/۱۳	۵۰/۳۱	افزایشی-کاهشی
	PLADJ	۷۳/۲۳	۷۷/۸۱	۸۰/۴۳	افزایشی
	IJI	۵۴/۳۸	۵۶/۸۶	۵۷/۳۳	افزایشی
	COHESION	۹۸/۴۸	۹۸/۶۷	۹۸/۶۳	افزایشی-کاهشی
	DIVISION	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۶	کاهشی-افزایشی
	MESH	۲۱۸۸۸/۱۰	۲۲۳۶۷/۵۹	۱۹۵۰۶/۶۷	افزایشی-کاهشی
	SPLIT	۳/۶۷	۳/۵۸	۴/۱۲	کاهشی-افزایشی
	PRD	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	ثابت
	SHDI	۱/۰۰	۱/۰۴	۱/۱۵	افزایشی
	MSIDI	۰/۸۴	۰/۹۰	۱/۰۳	افزایشی
	AI	۷۳/۹۰	۷۸/۵۴	۸۱/۲۱	افزایشی



شکل (۶): روند تغییرات سنجه‌ها در سطح سیما در سال‌های مورد بررسی

نتیجه گیری

مدیریت اصولی کاربری اراضی باعث حفظ زمین و جلوگیری از تخریب و در نتیجه استفاده طولانی مدت از اراضی می شود. در تحقیق حاضر به بررسی سنجه های سیمای سرزمین حوزه آبخیز کوزه تپراقی، استان اردبیل در دو سطح کلاس (۱۳ سنجه) و سیمای (۲۲ سنجه) برای سه مقطع زمانی ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ پرداخته شد. بر اساس تحلیل ۱۳ سنجه مورد بررسی می توان نتیجه گیری کرد که سطح و گسترش مناطق مسکونی در سراسر حوضه پراکنش دارد و آثار زیادی بر کاربری طبیعی داشته و سبب تکه تکه شدن بیش تر آن ها شده است. اثر تکه شدگی سیمای سرزمین با افزایش تراکم لکه (PD)، تراکم حاشیه (ED) و کاهش میانگین اندازه لکه (AREA -MN) و بزرگ ترین اندازه لکه (LPI) قابل مشاهده است. با توجه به وجود لکه های بزرگ مرتعی و شاخص های پیوستگی (COHISION)، بزرگ ترین لکه (LPI)، تراکم حاشیه (ED) و حاشیه کل (TE) دارای پیوستگی بالاتری هستند.

هم چنین بر اساس نتایج ۲۲ سنجه مورد بررسی در سطح سیمای مشخص شد که سنجه های تراکم لکه (PD)، بزرگ ترین اندازه لکه (LPI)، تراکم حاشیه (ED) و شکل لکه (LSI) رابطه منفی با تخریب زمین دارند به طوری که با افزایش این شاخص ها اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین کاهش می یابد و در مقطع های زمانی مورد بررسی روند کاهشی را طی کرده است. سنجه پیوستگی (COHISION) نشان داد که پیوستگی در همه مقاطع زمانی قابل مشاهده است. سنجه های تکه شدگی (SPLIT) و گسستگی سیمای (DIVISION) از سال ۱۳۷۹ به ۱۴۰۰ روند کاهشی - افزایشی را نشان دادند. در این پژوهش با توجه به نتایج حاصل از سنجه های تنوع شانون و سیمپسون در سطح سیمای مشاهده می شود که اگر مقدار این نسبت بیش تر از یک باشد، پراکنش کپه ای و اگر برابر یک باشد، تصادفی و در صورتی که کم تر از یک باشد به صورت یکنواخت توزیع یافته اند. بنابراین همان گونه که مشاهده شد، این مقدار برای سال های ۱۳۸۹ و ۱۴۰۰ بالاتر از یک به دست آمد. پس می توان نتیجه گرفت که در حوزه آبخیز کوزه تپراقی پراکنش لکه ها به صورت یکنواخت است.

منابع

- آقائی، مریم، خاوریان، حسن، مصطفی زاده، رئوف. (۱۳۹۹). پیش بینی و آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA مارکوف و LCM در آبخیز کوزه تپراقی استان اردبیل. پژوهش های آبخیزداری، ۳۳ (۳)، ۹۱-۱۰۷.
- اسفندیاری، فریبا، حمزه ای، مهناز، علائی، نازیلا، مصطفی زاده، رئوف. (۱۳۹۹). تغییرات مکانی سنجه های سیمای سرزمین در پوشش گیاهی جوامع حاشیه متأثر از نوع کاربری اراضی در رودخانه قره سو استان اردبیل. آمایش جغرافیایی فضا، ۱۰ (۳۸)، ۲۱۹-۲۳۴.
- حزباوی، زینب، پرچمی، ناهیده، علائی، نازیلا، بابایی، لیلا. (۱۳۹۹). ارزیابی و تحلیل وضعیت سلامت آبخیز کوزه تپراقی، استان اردبیل. حفاظت از منابع آب و خاک، ۹ (۳)، ۱۴۰-۱۲۱.
- خوارزمی، رسول، عبداللهی، علی اصغر، راهداری، محمدرضا، کارکن، منصور. (۱۳۹۵). پایش تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر روند تخریب زمین و بیابانزایی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست (مطالعه موردی: شرق ایران، دریاچه هامون). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۷ (۲۵)، ۶۴-۷۵.
- عبدالشاه نژاد، مهسا، نظری سامانی، علی اکبر، قربانی، مهدی، ارشم، عزیز، طاهری، فریدون. (۱۳۹۸). پایش روند تغییرات کاربری اراضی و نقش آن بر سنجه های سیمای سرزمین (بررسی موردی: شمال شرق اهواز). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۶ (۲)، ۳۲۵-۳۳۹.
- علائی، نازیلا، مصطفی زاده، رئوف، اسمعیلی عوری، اباذر، شری، معراج، حزباوی، زینب. (۱۳۹۸). ارزیابی و مقایسه پیوستگی سیمای سرزمین در حوزه آبخیز کوزه تپراقی، استان اردبیل. بوم شناسی کاربردی، ۸ (۴)، ۱۹-۳۴.
- کاکه ممی، آزاد، معماری، مهدی، قربانی، اردوان، غفاری، سحر. (۱۳۹۹). تحلیل تغییرات کاربری/پوشش اراضی استان اردبیل با استفاده

- از سنجش‌های سیمای سرزمین. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۱(۳)، ۶۸-۸۶.
- کیانی، واحد، قهقی، جهانگیر. (۱۳۹۴). بررسی ساختار پوشش/کاربری حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از سنجش‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۷(۶)، ۱۴۱-۱۳۱.
- نصیری، وحید، درویش صفت، علی اصغر. (۱۳۹۷). تحلیل کاربری و پوشش زمین‌ها با استفاده از سنجش‌های بوم‌شناسی منظر (بررسی موردی: منطقه ارسباران). علوم محیطی، ۱۶(۳)، ۹۹-۱۱۶.
- مختاری، محمد حسین، عابدیان، سحر، قلی پور، مصطفی. (۱۳۹۸). آشکارسازی و مدل‌سازی روند تغییرات کاربری اراضی جنگلی حوزه آبخیز قره‌سو با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین. بوم‌شناسی کاربردی، ۸(۴)، ۱-۱۸.
- مصطفی‌زاده، رئوف، جعفری، انیس، کیوان‌بهجو، فرشاد. (۱۳۹۷). مقایسه ساختار اراضی مرتعی و میزان تخریب پیوستگی سیمای سرزمین در زیرحوزه‌های آبخیز ایریل، استان اردبیل. بوم‌شناسی کاربردی، ۷(۱)، ۴۱-۵۳.
- نصیری، وحید، درویش صفت، علی اصغر. (۱۳۹۷). تحلیل تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش‌های بوم‌شناسی منظر (مطالعه موردی: منطقه ارسباران، سالهای ۱۳۶۹-۱۳۹۳). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۵(۴)، ۱-۱۸.
- نظرنژاد، حبیب، حسینی، مرتضی، مصطفی‌زاده، رئوف. (۱۳۹۸). ارزیابی تغییرات پیوستگی و الگوی کاربری اراضی با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین در حوزه آبخیز زولاچای، سلماس. آمایش جغرافیایی فضا، ۹(۳۴)، ۵۳-۶۶.
- Aguilera, F., Valenzuela, L. M., & Botequilha-Leitão, A. (2011). Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: A case study in a Spanish metropolitan area. *Landscape and Urban Planning*, 99(3-4), 226-238.
- Aunap, R., Uemaa, E., Roosaare, J., & Mander, Ü. (2006). Spatial correlograms and landscape metrics as indicators of land use changes. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*.
- Berila, A., & Isufi, F. (2021). Two decades (2000–2020) measuring urban sprawl using GIS, RS and landscape metrics: A case study of municipality of Prishtina (Kosovo). *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 114-125.
- Chmielewski, S., Chmielewski, T. J., & Tompalski, P. (2014). Land cover and landscape diversity analysis in the West Polesie Biosphere Reserve. *International Agrophysics*, 28(2). Cortes, R., Varandas, S., Teixeira, A., Hughes, S., Magalhaes, M., Barquín, J., & Fernández, D. (2011). Effects of landscape metrics and land use variables on macroinvertebrate communities and habitat characteristics. *Limnetica*, 30(2), 347-362.
- Elmi, M., Rouhani, A., & Keshavarz, E. (2022). Landscape Metrics for Urbanization and Urban Land-Use Change Monitoring from Remote Sensing Images: A case of Shiraz Metropolis, Iran. *International Journal of Earth Sciences Knowledge and Applications*, 4(1), 43-50.
- Fitawok, M. B., Derudder, B., Minale, A. S., Van Passel, S., Adgo, E., & Nyssen, J. (2020). Modeling the Impact of Urbanization on Land-Use Change in Bahir Dar City, Ethiopia: An Integrated Cellular Automata–Markov Chain Approach. *Land*, 9(4): 115, 2020.
- Fu, B., Zhang, L., Xu, Z., Zhao, Y., Wei, Y., & Skinner, D. (2015). Ecosystem services in changing land use. *Journal of Soils and Sediments*, 15(4), 833-843.
- Herzog, F., Lausch, A., Müller, E., Thulke, H. H., Steinhardt, U. T. A., & Lehmann, S. (2001). Landscape metrics for assessment of landscape destruction and rehabilitation. *Environmental Management*, 27(1), 91-107.
- Lin, J., Li, X., Li, S., & Wen, Y. (2020). What is the influence of landscape metric selection on the calibration of land-use/cover simulation models? *Environmental Modelling & Software*, 129, 104719.
- Mahmoud, H., & Divigalpitaya, P. (2017). Modeling future land use and land-cover change in the asyut region using markov chains and cellular automata. In *International conference on Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions Springer Cham*, 99-112.
- 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.
- Mitchell, M. G., Suarez-Castro, A. F., Martinez-Harms, M., Maron, M., McAlpine, C., Gaston, K. J., & Rhodes, J. R. (2015). Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution*, 30(4), 190-198.
- Rakhmawati, H. (2017). A Spatial Ecological Assessment of Fragmentation and Disturbance Effects of Infrastructure Construction and Land Conversion in Gunung Halimun Salak National Park Indonesia. *Lincoln*

University Digital Thesis, 1-177.

Rimal, B., Zhang, L., Keshtkar, H., Haack, B. N., Rijal, S., & Zhang, P. (2018). Land use/land cover dynamics and modeling of urban land expansion by the integration of cellular automata and markov chain. *International Journal of Geo-Information*, 7(4), 154.

Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R., & Mander Ü. (2009). Landscape metrics and indices: an overview of their use in landscape research. *Living Reviews in Landscape Research*, 3(1), 1-28.

نحوه ارجاع به مقاله:

دژبانی، رقیه؛ حزبای، زینب؛ مصطفی‌زاده، رئوف؛ اسمعیلی عوری، اباذر؛ علائی، نازیلا (۱۴۰۲)، تحلیل ارتباط بین تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی و سنج‌های سیمای سرزمین در حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۲ (۴۵)، ۸۲-۹۹، Dor: 20.1001.1.20087845.1402.12.45.5.7

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

