

تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهرستان ملایر با استفاده از سنج‌های سیمای

سرزمین

نازنین ناصری^{۱*}، کامران شایسته^۲، علیرضا ایلدرمی^۳

*- نویسنده مسئول: دانش آموخته ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر
ایمیل نویسنده مسئول s.naseriii۱۹۸۶@gmail.com

۲- استادیار و مدیر گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

۳- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

چکیده

فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی و توسعه شهری و همچنین فرآیندهای مختلف زیستی و محیط زیستی، ساختار و الگوی سیمای سرزمین را شکل می‌دهند. هدف از این بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر الگوی سیمای سرزمین شهرستان ملایر در طی بازه بیست ساله می‌باشد. لذا از تصاویر ماهواره ای لندست مربوط به سالهای ۱۹۹۷، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ برای تولید نقشه‌های کاربری اراضی و از نرم افزار FRAGSTATS برای کمی کردن سنج‌های سیمای سرزمین استفاده شد. سنج‌ها شامل مساحت طبقه، میانگین اندازه پهرو، شکل سیمای سرزمین، شاخص بزرگترین پهرو، تعداد پهروها و پراکندگی می‌باشد. نتایج نشان داد که از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ مساحت کاربری مسکونی و منابع آب کاهش و مساحت کاربری کشاورزی و اراضی بایر افزایش یافته است. بطوری که کاربری مسکونی از مساحت ۷۵۳۷۳/۱۱ هکتار به مساحت ۱۴۶۷۵/۰۴ و منابع آب از مساحت ۲۳۹۱۸/۳۱ هکتار به مساحت ۲۴۸/۷۶ کاهش یافته است در واقع منابع آب این شهرستان در طی بیست سال ۳۲/۵۸ درصد کاهش یافته است و اراضی بایر از مساحت ۱۱۷۱۵۰/۶۶ در سال ۱۹۹۷ به مساحت ۱۸۲۰۸۶/۶ در سال ۲۰۱۷ و کاربری کشاورزی از مساحت ۱۳/۳۰۲۹ به مساحت ۳۸۳۸۸/۴۲ افزایش یافته است. همچنین تعداد پهروها، شکل سیمای سرزمین و پراکندگی در کل سیمای سرزمین کاهش یافته است.

واژگان کلیدی: "کاربری اراضی"، "تصاویر ماهواره ای"، "سنج‌های سیمای سرزمین".

Analysis of Land Use Changes in Malayer County Using Landscape Metrics Nazanin Naseri^{۱*}, Kamran Shayesteh^۲, Alireza Ildoromi^۳

۱- Graduated Master of Land evaluation and Land Planning, Faculty of Natural Resources and Environments, Malayer University, Malayer, Iran.

*Email Address: s.naseriii۱۹۸۶@gmail.com * Mobile Phone: +۹۸۹۱۸۴۹۹۴۹۱۴

۲- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environments, Malayer University, Malayer, Iran.

۳- Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Environments, Malayer University, Malayer, Iran

Abstract

Human activities such as agriculture and urban development (particularly settlement expansion and road construction) as well as biological and environmental processes, structure and pattern of the landscape. The aim of this study was to investigate the effects of land use changes on the landscape pattern of Malayer in the twenty years term. In this research, Landsat satellite imagery of ۱۹۹۷, ۲۰۰۷ and ۲۰۱۷, and the RS for producing land use maps and FRAGSTATS software were used to calculating and quantify Landscape metrics. The metrics used include CA, MPS, LSI, LPI, NP and IJI. The results showed that from ۱۹۹۷ to ۲۰۱۷ the area of residential use and water resources decreased and the area of agricultural use and bayer lands increased. So that increased of the residential use of ۷۵۳۷۳,۱۱ hectares with an area of ۱۴۶۷۵,۰۴ and water resources with an area of ۲۳۹۱۸,۳۱ hectares with a total area of ۲۴۸,۷۶, the water resources of this city have decreased by ۳۲/۵۸ percent over the course of twenty years, and the Bayer lands from ۶۶۷۱۷۱۵۰ in ۱۹۹۷ to ۱۸۲۰,۸۶ in ۲۰۱۷, and agricultural use has increased from ۱۳,۳۰۲۹ to ۳۸۳۸۸ in area. Also, decreased NP, LSI, and IJI in whole landscape.

Keywords: "land use", "satellite images", "landscape metrics".

کمی کردن خصوصیات مکانی هر کاربری محسوب می شوند (Fiqhi and Karami, ۲۰۱۰). اصول اکولوژی سیمای سرزمین می تواند به عنوان رهیافتی همه جانبه نگر در طراحی سیمای سرزمین استفاده شود. این رهیافت نه فقط مباحث اکولوژیک و زیستی را در طراحی سیمای سرزمین مطرح می کند بلکه به مباحث اقتصادی و جامعه شناسی نیز می پردازد و می تواند در طراحی سیماهایی که از نظر زیست محیطی پایدارتر و از لحاظ زیبایی شناختی و فرهنگی مناسب ترند، کمک کند. اصول اکولوژی سیمای سرزمین می تواند انواع سیمای سرزمین را ارزیابی کند و راهبرد مدیریتی مناسب تری ارائه دهد (Makhzoumi, ۲۰۰۰). روش آنالیز موزاییک سیمای سرزمین با رویکرد اکولوژیک سیمای سرزمین یکی از روشهای مناسب برای کمی کردن سنجه های سیمای سرزمین می باشند (Wang et al., ۲۰۰۸). هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی و الگوی سیمای سرزمین شهرستان ملایردر طی بازه بیست ساله و کمی کردن تغییرات با استفاده از متریک های سیمای سرزمین می باشد. مطالعات گوناگونی در سطح ایران و جهان در خصوص تحلیل تغییرات کاربری و پوشش سرزمین صورت گرفته است که نتایج این تحقیقات به طور عمده موید اثرات تخریبی ناشی از فعالیت های انسان در محیط و سیمای سرزمین می باشد. در این مطالعات از سنجه های گوناگونی برای تحلیل تخریب سیمای سرزمین بهره گیری شده است.

Frank و همکاران در سال ۲۰۱۸ با استفاده از سنجه های میانگین اندازه لکه، اندازه شبکه ها، شاخص لکه سیمای سرزمین و شاخص تجمع در ارزیابی سیماهای پراکنده در غرب افریقا نشان دادند که این سنجه ها در ارزیابی های سیماهای در مناطق مختلف و مقایسه آنها توانایی لازم را داشته و می توانند معیارهای مناسبی برای برنامه ریزی مکانی سیمای سرزمین می باشند. در پژوهشی دیگر Yuan و Cohen در سال ۲۰۱۷ از سنجه ها برای بررسی تغییراتی که استخراج معادن بر روی تغییرات الگوی سیمای سرزمین می گذارد بهره بردند نتایج حاکی از آن بود که استخراج زغال سنگ نارس از زمین های باتلاقی باعث تخریب و تغییر وضعیت سیمای سرزمین می شود این در حالی است که بین استخراج و نظارت کار آمد از پوسته خارجی سیمای سرزمین به عنوان بخشی از تلاشهایی که برای اصلاح و بازسازی زمینهای باتلاقی می شود کشمکش وجود دارد. سنجه های مساحت طبقه، شکل سیمای سرزمین، تعداد پهرو ها معیار های مناسبی برای نشان دادن میزان تغییرات و تخریب سیمای

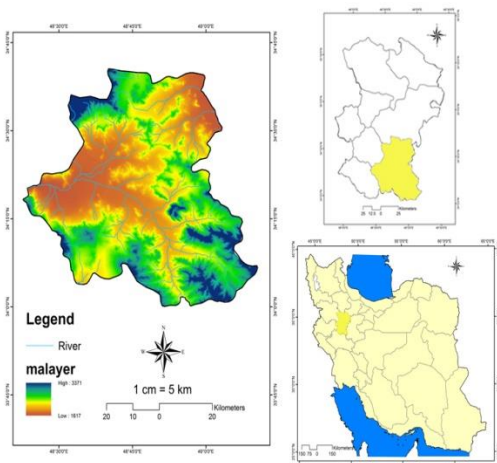
فعالیت های انسانی مانند کشاورزی و توسعه شهری (بویژه گسترش شهرک ها و همچنین احداث جاده ها و سد) و همچنین فرایندهای مختلف زیستی و محیط زیستی، ساختار و الگوی سیمای را شکل می دهند (Turner, ۲۰۱۴). اکولوژی سیمای سرزمین علمی است که ارتباط الگوها و فرایندها را در سراسر مقیاس مکانی و زمانی مطالعه می کند و علمی بنیادی است که به مسائل اصلی در رابطه با وابستگی فرایندهای اکولوژیکی به تغییرات مکانی و زمانی می پردازد (Zebardast et al., ۲۰۱۸). امروزه گسترش جوامع انسانی و تسلط بیشتر بر محیط زیست، سبب شده تا تغییرات محیطی سریع تر و گسترده تر از قبل به وقوع بپیوندد. بنابراین داشتن اطلاعات لازم در مورد این تغییرات برای مدیریت و برقراری نظم طبیعی پایدار اکوسیستم ها ضروری است (فقهی و کرمی، ۱۳۹۰). تغییرات کاربری و پوشش زمین از جمله مشکلات محیط زیستی در سطح جهانی تا محلی هستند. الگوهای تغییر کاربری حاصل تغییرات پوشش زمین هستند که بر اقلیم و بیوسفر جهانی اثر جمعی دارند (Riebsame et al., ۲۰۰۶). سیمای سرزمین و کاربری های مناطق مختلف به واسطه رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت، بسرعت در حال تغییرند. این پدیده پیامدهای اقتصادی- اجتماعی و محیط زیستی متعددی را در پی دارد. تغییر کاربری اراضی فرایندی پیچیده و پویاست که سیستم های طبیعی و انسانی را به هم مرتبط می سازد. تأثیر مستقیمی بر خاک، آب و جو دارد و بنابراین به طور مستقیم با بسیاری از مباحث محیط زیستی که در سطح جهانی دارای اهمیت است ارتباط دارد (Koomen et al., ۲۰۰۷). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی فرایندی است که منجر به ایجاد درک صحیحی از نحوه تعامل انسان و محیط زیست می شود (Lambin and Geist, ۲۰۰۶).

سنجه های سیمای سرزمین الگوریتم هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی لکه ها، کلاس یا موزاییک های کل سیمای سرزمین هستند. سنجه ها بهترین راه برای مقایسه وضعیت سیمای سرزمین های مختلف است سنجه های سیمای سرزمین به شاخص های توسعه یافته برای یافتن الگوی نقشه های طبقه بندی شده هستند. مطالعه ساختار سیمای سرزمین بر اساس اصول اکولوژی و سنجه های سیمای سرزمین به عنوان اجزای تشکیل دهنده آن ابزاری مناسب برای نقشه سازی

۲- روش انجام تحقیق

• منطقه مورد مطالعه

ملایر بزرگترین شهرستان استان پس از همدان با وسعتی حدود ۳۲۱۰ کیلومتر می باشد. این شهرستان در ۴۸ و ۴۹ طول جغرافیایی و ۳۴ و ۱۷ دقیقه عرض جغرافیایی قرار دارد و از شمال به همدان از شرق به اراک از جنوب به بروجرد و از طرف غرب به شهرهای تویسرکان و نهاوند محدود شده است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۷۸۰ متر و فاصله اش از همدان و تهران به ترتیب ۸۶ و ۳۹۰ کیلومتر است. ملایر از نظر آب و هوایی در مرز آب و هوای معتدل کوهستانی و آب و هوای نیمه بیابانی ایران قرار گرفته و خصوصیات هر دو نوع آب و هوارا دارا است و رژیم بارندگی آن از تیپ اقلیم مدیترانه ای و متوسط بارندگی آن حدود ۳۰۰ میلیمتر است، میانگین درجه حرارت سالانه ۱۳/۴۴ درجه سانتیگراد و متوسط درصد نم نسبی حدود ۶۲/۶۶ می باشد. این شهرستان از لحاظ توپوگرافی از دو قسمت دشت و کوهستان تشکیل گردیده است که کوهها، رودها و تالاب ها را در بر گرفته است؛ که در مجموع نقش مهمی در پرورش گونه های جانوری و پوشش گیاهی مختلف متناسب با آب و هوای منطقه دارد. وسعت شهرستان نسبت به کل استان ۴۷/۱۶ درصد، سهم جمعیتی آن نسبت به جمعیت استان ۷۰/۱۷ درصد، و تراکم نسبی جمعیت در این شهرستان ۵/۹۲ نفر در کیلومتر مربع است.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

• آماده سازی تصاویر ماهواره ای و انجام تصحیحات

سرزمین هستند. در مطالعه ای Salajegheh و همکاران در سال ۲۰۱۴ به تحلیل تخریب سیمای سرزمین کیش با استفاده از این سنجه ها پرداختند که نتایج مشخص کرد گسترش شبکه جاده ای منجر به تخریب سیمای سرزمین شده و توسعه و ساخت بنادر تجاری و صیادی در پهنه ساحلی سیمای آن را به کلی دگرگون ساخته است. تجزیه زیستگاه های خشکی و ساحلی، پهروشدگی و جایگزینی پوشش طبیعی با کاربری های ناسازگار انسانی از اثرات نامطلوب توسعه می باشند. Niesterowicz و Stepinski در سال ۲۰۱۶ با اندازه گیری مشابهت های سیمای سرزمین بر اساس آزمون هیستوگرام ویژگی های مشترک کلاس و واگرایی شانون - جنسن در ایالات متحده آشکار کردند که استاندارد اندازه تشابه نسبت به متریک های سیمای سرزمین حساس است و بهترین عملکرد را زمانی دارد که متریک ها همراه با مقادیر وزنی خود برای سیمای سرزمین استخراج شوند. مطالعات Barati و همکاران در سال ۲۰۱۷ بر اساس رهیافت اصول اکولوژی سیمای سرزمین در ارزیابی پارکهای ملی و پناهگاه های حیات وحش همراه با تکنیک RS و GIS نشان می دهد که لکه های مرتع خوب یکپارچه تر شده، ولی تعارضات موجود در منطقه مانند کاربری های معدن، کشاورزی و شهری باعث دورتر شدن این لکه ها از یکدیگر می شود. تحقیقات Haiyang و همکاران در سال ۲۰۱۰ در سواحل جنوب شرقی با استفاده از سنجه های تعداد لکه، شکل سیمای سرزمین، تکه تکه شدگی، میانگین اندازه پهرو، نشان داد که طی نوزده سال فرآیندهایی که منجر به پهروشدگی سیمای سرزمین شده اند، افزایش یافته اند. این فرایندها بیشتر شامل افزایش کاربری مسکونی و آتش سوزی های عمدی در محدوده مورد مطالعه می باشد. Daneh kar و همکاران در تحلیل گرادیان فضاهای سبز شهری در کرج در سال ۲۰۱۵ از سنجه های شکل سیمای سرزمین، تراکم لکه، میانگین فاصله اقلیدوسی در سطح کلاس برای هشت طبقه کاربری /پوشش سرزمین و از سنجه های مساحت لکه، غنای لکه، میانگین فاصله اقلیدوسی و تراکم لکه در سطح سیمای سرزمین به منظور بررسی نحوه توزیع فضایی کل فضای سبز استفاده کردند. با بررسی وضعیت ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری سیمای سرزمین و روند تغییرات از مرکز شهر به سمت حاشیه ها نتایج بیانگر آن بود که فضاهای سبز در منطقه مورد مطالعه از نظر نحوه ترکیب و توزیع فضایی شرایط مطلوبی ندارند و در طول جهت های مختلف از لحاظ وسعت، پیوستگی، ماهیت، ترکیب و توزیع فضایی دچار نوسانات شدیدی می باشند.

تصمیم گیری یا طبقه بندی کننده های متفاوتی ارائه شده که می توانند جهت طبقه بندی مورد استفاده قرار گیرند (Mahini et al., ۲۰۱۲). در این پژوهش از طبقه بندی نظارت شده استفاده شد که این نوع طبقه بندی به طور معمول هنگامی استفاده می شود که کاربر از قبل می داند چه طبقاتی از پوشش سرزمین و کاربری اراضی در محدوده منطقه مورد مطالعه وجود دارند. در این روش کاربر باید بتواند با اطمینان زیاد و با کار صحرایی نه چندان وسیع، کاربری ها را بر روی تصویر ماهواره تشخیص دهد (ماهینی و همکاران، ۱۳۹۱). به منظور طبقه بندی ابتدا به برداشت نمونه های تعلیمی از هر کاربری پرداخته شد برای انتخاب نمونه های تعلیمی از تصاویر رنگی کاذب و حقیقی و بازدید از کاربری های موجود در منطقه انجام شد و پنج نوع کاربری مسکونی، کشاورزی، منابع آب، مرتع و اراضی بایر در نظر گرفته شد.

تغییر مطرح است (Shao & Wu, ۲۰۰۸). برای این منظور بعد از طبقه بندی تصاویر میزان صحت کلی و ضریب کاپای آنها مورد بازبینی قرار گرفت که ضریب کاپای معادل یک طبقه بندی کاملاً صحیح، ضریب کاپای صفر طبقه بندی کاملاً تصادفی و مقدار منفی وجود خطا در طبقه بندی را نشان می دهد (Khedmatgozar, ۲۰۱۰). که در جدول یک مقادیر آنها ارائه شده است.

جدول ۱- تصاویر دوره های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷

سالها	سنجنده Landsat	تاریخ	ضریب کاپا	صحت کلی
۱۹۹۷	LT ^o	۱۹۹۷/۷/۲۱	۷۶٪	۸۳٪/۶۰
۲۰۰۷	LT ^o	۲۰۰۷/۵/۲۵	۸۶٪	۹۱٪/۵۸
۲۰۱۷	LC [^]	۲۰۱۷/۶/۲۱	۹۱٪	۹۰٪/۸۸

که این سنجه ها برای هر سه سطح لکه، طبقه و سیمای سرزمین بطور جداگانه تعیین شده اند و میزان تغییرات را برای هر سطح بصورت فردی به نمایش می گذارند. این برنامه محدودیتی در مقیاس (پهنه یا بزرگنمایی) ندارد و برای تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی و سنجه های مختلف لکه های تشکیل دهنده سیمای سرزمین در محیط های ناهمگن و شرایط متفاوت مناسب است و سنجه های محاسبه شده را بر حسب هکتار یا متر بیان می کند. سنجه های موجود در این نرم افزار ترکیب، شکل، تنوع،

در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی در طی بازه بیست ساله تصاویر ماهواره ای لندست مربوط سالهای ۱۹۹۷، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ از سایت usgs امریکا تهیه شد تصاویر اخذ شده توسط سنجنده ها به ایستگاه های زمینی مخابره می شوند، پس از دریافت داده ها، معمولاً یکسری پردازش اولیه روی تصاویر انجام می گیرد تا تصاویر آماده استفاده توسط کاربران گردد. امروزه اکثر داده های سنجنش از دور به صورت رقومی ارائه می شوند (Fatimid and Rezai, ۲۰۱۲). برای رفع نقایص و خطاهای تصاویر خام دریافت شده از سنجنده ها، مراحل انجام می شود که شامل تصحیحات رادیومتریکی، هندسی و اتمسفری است (Lorestani and Shahriar, ۲۰۱۱). به منظور انجام این تصحیحات تصاویر به محیط نرم افزار ENVI ۵٫۳ فراخوانی شد.

• طبقه بندی تصاویر ماهواره ای

معمولاً طبقه بندی تصاویر ماهواره ای به دو روش نظارت شده و نظارت نشده صورت می گیرد در هر روش، قواعد

• بررسی صحت کلی و ضریب کاپا

با توجه به این که در بررسی الگوی سیمای سرزمین از نقشه های پوشش زمین حاصل از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای به عنوان نقشه پایه استفاده می شود بنابر این صحت طبقه بندی تصاویر ماهواره ای امر کلیدی در استخراج الگوهای مکانی سیمای سرزمین، آشکار سازی تغییرات پوشش و بررسی تغییرات مرتبط با فرایندهای

• بررسی فرایند تغییر الگو سیمای سرزمین با کمی کردن سنجه ها

بعد از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای در نرم افزار FRAGSTATS وارد شدند. FRAGSTATS عنوان برنامه ای است که برای کمی کردن ساختار و الگوی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می گیرد و چندین آمار را برای کلاس و لکه های سیمای سرزمین و در کل برای کل سیمای سرزمین محاسبه می کند. این نرم افزار مجموعه کاملی از سنجه های سیمای سرزمین است

که همه فایلها متنی و قابل مشاهده است (McGarigal and Marks, ۱۹۹۵).

است که منظور از کلاس سطح هر کاربری به تنهایی و سیمای سرزمین سطح کل کاربری ها می باشد که ابتدا به آنالیز سنجه ها در سطح سیمای سرزمین و سپس در سطح کلاس می پردازیم.

• آنالیز سنجه ها در سطح سیمای سرزمین (جدول ۳)

سنجه تعداد پهرو ها : افزایش تعداد پهروها شاخص مهمی در تجزیه سرزمین به شمار می رود. افزایش تعداد پهروها نشانه تجزیه و کاهش پیوستگی است (McGarigal & Marks, ۱۹۹۵). تعداد پهروها از سال ۱۹۹۷ به ۲۰۰۷ کاهش یافته و تعداد این کاهش ۱۸/۳۷ بوده است ولی از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ افزایش تعداد پهرو ها را شاهد هستیم که مشخص می کند در دوره دوم سیمای سرزمین در حال تجزیه و از هم گسیختگی می باشد. سنجه شاخص بزرگترین پهرو : مساحت بزرگترین پهرو در طی بازه مطالعه سیر صعودی داشته بطوری که از ۱۱/۲۲ درصد در سال ۱۹۹۷ به ۴۵/۸۴ در سال ۲۰۱۷ افزایش داشته است. سنجه های شکل سیمای سرزمین و پراکندگی : در طول دوره مطالعه کاهش چشم گیری نداشته اند و تا حدودی ثابت باقی مانده اند که اگر پراکندگی افزایش یابد کاربری ها تراکم کمتری را خواهند داشت. میانگین اندازه پهرو ها : با کاهش میانگین اندازه پهرو ها سیمای سرزمین بیشتر به سمت تجزیه و تخریب پیش می رود که در مورد شهرستان ملایر این موضوع در طی دوره مطالعه صدق نمی کند و خوشبختانه این سنجه در طی بازه مطالعه افزایش یافته است.

مساحت، کنتراست و پیکر بندی سیمای سرزمین را تعیین می کنند. در این نرم افزار به ازای هر لایه ورودی سه فایل خروجی با نام های Land Patch، Class و ایجاد می شود

- سنجه شکل سیمای سرزمین (LSI): شکل پهرو در هر کاربری را نشان می دهد و پیچیدگی شکل لکه را به نمایش می گذارد تغییرات عددی آن بزرگتر از صفر است.
- مساحت طبقه (CA): مجموع مساحت پهروهای یک نوع کاربری و و تغییرات آن بزرگتر از صفر است.
- تعداد پهرو ها (NP): مجموع تعداد پهرو ها در هر کاربری و تغییرات عددی آن بزرگتر از صفر است.
- پراکندگی (IJI): پراکندگی نسبی هر کاربری را نشان می دهد و تغییرات عددی بین صفر تا صد می باشد.
- میانگین اندازه هر پهرو (MPS): حاصل تقسیم مجموع مساحت لکه های با کاربری مشابه بر تعداد کل آنها و تغییرات عددی بزرگتر از صفر است.
- بزرگترین پهرو (LPI): درصدی از منطقه که دارای بزرگترین پهرو است و تغییرات آن بین صفر تا صد می باشد. بطوریکه وقتی مساحت بزرگترین لکه کوچک باشد به سمت صفر و وقتی کل سیمای سرزمین فقط از یک نوع کاربری و لکه پوشیده باشد این سنجه به سمت یک میل می کند.

۳- نتایج

در این بخش یافته های حاصل از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای و کمی سازی سنجه های سیمای سرزمین به صورت جدول در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین آمده

جدول ۲- سنجه های محاسبه شده در سطح سیمای سرزمین از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷

سال	سنجه ها					
	مساحت کل (هکتار)	تعداد پهروها	شاخص بزرگترین پهرو (درصد)	شکل سیمای سرزمین	میانگین اندازه پهروها (هکتار)	پراکندگی (درصد)
۱۹۹۷	۳۳۰۶۶۹/۴	۲۲۱۸۳۲	۱۱/۲۲	۳۰۹/۲۱	۱/۴۹	۷۹/۶۶
۲۰۰۷	۳۳۰۶۶۱/۱	۸۴۸۱۴	۴۲/۶۵	۱۵۱/۰۱	۳/۹۰	۵۵/۷۴
۲۰۱۷	۳۳۰۶۶۹/۴	۹۵۵۳۳	۴۵/۶۹	۱۵۴/۹۵	۳/۴۳	۶۲/۵۹

سایر اراضی می باشد با افزایش تعداد پهروها و پراکندگی بیشتر در این طبقه سیمای سرزمین نسبت به سایر کاربریها بیشتر دچار تخریب، تکه تکه و تجزیه شده است. میانگین اندازه پهرو و شاخص بزرگترین پهرو در اراضی باین نسبت به کاربری های دیگر بیشتر است که مشخص می کند در این طبقه تغییرات مربوط با تخریب و تجزیه سیمای سرزمین کمتر صورت گرفته است (جدول ۳).

• تجزیه و تحلیل سنجه ها در سطح کلاس سال ۱۹۹۷

در سال ۱۹۹۷ بیشترین مساحت طبقه را اراضی بایر با مساحت ۱۱۷۱۵۰/۶۶ هکتار و کمترین مساحت را منابع آب با ۲۳۹۱۸/۳۱ هکتار به خود اختصاص داده است. تعداد پهروها و درصد پراکندگی در کاربری مسکونی بیشتر از سایر کاربری ها می باشد با توجه به این که افزایش پراکندگی و تعداد پهروها به تجزیه بیشتر سیمای سرزمین می انجامد و اینکه مساحت این طبقه کمتر از

جدول ۳- سنجه های محاسبه شده طبقات پوشش / کاربری در سطح کلاس سال ۱۹۹۷

سنجه ها						نام
پراکندگی (درصد)	میانگین اندازه پهرو (هکتار)	شکل سیمای سرزمین	شاخص بزرگترین پهرو (درصد)	تعداد پهروها	مساحت طبقه (هکتار)	طبقه کاربری
۸۳/۸۶	۰/۸۹	۴۱۸/۷۹	۴/۶۲	۸۴۷۰۰	۷۵۳۷۳/۱۱	مسکونی
۷۰/۱۷	۱/۷۶	۱۴۵/۷۴	۰/۳۴	۱۷۰۵۸	۳۰۰۲۹/۱۳	کشاورزی
۵۳/۵۵	۰/۹۵	۲۱۸/۳۹	۰/۱۳	۲۵۲۰۷	۲۳۹۱۸/۳۱	منابع آب
۷۵/۸۱	۲/۰۱	۲۴۶/۰۹	۴/۷۴	۴۱۸۶۹	۸۴۱۹۸/۱۵	مرتع
۷۸/۷۲	۲/۲۱	۳۱۸/۹۱	۱۱/۲۲	۵۲۹۹۸	۱۱۷۱۵۰/۶۶	اراضی بایر

• تجزیه و تحلیل سنجه ها در سطح کلاس سال ۲۰۰۷

در سال ۲۰۰۷ دارد که هر چه پراکندگی بیشتر باشد تخریب بیشتر صورت می گیرد و کاربری مرتع با ۴۳/۱۹ درصد پراکندگی کمترین درصد را به خود اختصاص داده است. با این وجود در سال ۲۰۰۷ میزان تخریب و تجزیه سیمای سرزمین در کاربری کشاورزی بیشتر و در اراضی بایر و مرتع به مراتب کمتر می باشد (جدول ۴).

در سال ۲۰۰۷ تعداد پهرو در کاربری مرتع بالاتر از کاربری های دیگر می باشد و کاربری های مسکونی، اراضی بایر، کشاورزی و منابع آب به ترتیب در رده های بعدی قرار دارند. میانگین اندازه پهرو در منابع آب ۳۶۴/۰۵ هکتار که بیشتر از سایر کاربریها است و پراکندگی آن با ۵۳/۵۵ درصد در کمترین رده قرار دارد. کاربری کشاورزی با ۷۰/۸۴ درصد بیشترین پراکندگی را

جدول ۴- سنجه های محاسبه شده طبقات پوشش / کاربری در سطح کلاس سال ۲۰۰۷

سنجه ها						نام طبقه کاربری
پراکندگی (درصد)	میانگین اندازه پهرو (هکتار)	شکل سیمای سرزمین	شاخص بزرگترین پهرو (درصد)	تعداد پهروها	مساحت طبقه (هکتار)	طبقه کاربری
۵۱/۸۶	۰/۵۵	۱۶۸/۶۵	۰/۴۴	۲۶۳۵۷	۱۴۵۲۳/۴۸	مسکونی
۷۰/۸۴	۴/۷۰	۱۰۴/۸۷	۱/۱۲	۷۸۲۷	۳۶۷۹۲/۵۴	کشاورزی
۵۹/۲۲	۳۶۴/۰۵	۱/۴۳	۰/۱۱	۱	۳۶۴/۰۵	منابع آب
۴۳/۱۹	۳/۴۱	۱۹۷/۲۹	۷/۸۵	۲۸۶۱۴	۹۷۶۰۰/۵	مرتع
۵۷/۶۰	۸/۲۳	۱۶۵/۷۳	۴۲/۶۵	۲۲۰۱۵	۱۸۱۳۸۰/۵۱	اراضی بایر

اراضی بایر با مساحت ۱۸۲۰۸۹/۶ هکتار بیشترین مساحت و کاربری مرتع با مساحت ۹۵۲۶۷/۵۲ پایین تر از اراضی بایر و کاربری کشاورزی، مسکونی و منابع آب به ترتیب در رده های بعدی قرار دارند. در سنجه تعداد پهروها کاربری مسکونی با تعداد ۳۶۶۲۹ بالاتر و پراکندگی

• تجزیه و تحلیل سنجه ها در سطح کلاس سال ۲۰۱۷

این که تعداد پهروها در کاربری ها به ترتیب از منابع آب، کشاورزی، مرتع، اراضی بایر و مسکونی بیشتر می شود باز در این مورد مشخص می شود که اراضی انسان ساخت در این سال بیشتر از سایر کاربری ها بر میزان تکه تکه شدن و تجزیه سیمای سرزمین اثر گذاشته است (جدول ۵).

۷۶/۱۵ درصد بالاتر از بقیه کاربری ها قرار دارد و در این سال با توجه به مساحت کم،

میانگین اندازه پهرو کمتر و درصد پراکندگی بالاتر در طبقه مسکونی نسبت به اراضی بایر و کاربری مرتع سیمای سرزمین ساده تر و تخریب بیشتر می باشد. و با توجه به

جدول ۵- سنجه های محاسبه شده طبقات پوشش/کاربری در سطح کلاس سال ۲۰۱۷

سنجه ها						نام طبقات کاربری
پراکندگی (درصد)	میانگین اندازه پهرو(هکتار)	شکل سیمای سرزمین	شاخص بزرگترین پهرو(درصد)	تعداد پهروها	مساحت طبقه (هکتار)	
۷۶/۱۵	۰/۴۰	۱۹۸/۸۷	۰/۵۲	۳۶۶۳۹	۱۴۶۷۵/۰۴	مسکونی
۷۴/۰۴	۳/۳۲	۱۲۸/۳۷	۰/۹۵	۱۱۵۶۳	۳۸۳۸۸/۴۲	کشاورزی
۰	۲۴۸/۷۶	۱/۶۴	۰/۷۵	۱	۲۴۸/۷۶	منابع آب
۴۶/۴۰	۳/۷۸	۱۸۵/۶۵	۳/۱۵	۲۵۱۷۶	۹۵۲۶۷/۵۲	مرتع
۶۴/۲۴	۷/۸۶	۱۶۵/۶۹	۴۵/۶۹	۲۳۱۵۴	۱۸۲۰۸۹/۶	اراضی بایر

کند که در بین کاربری ها، کاربری مسکونی در دهه دوم پراکندگی بیشتر و تراکم کمتری را دارد و باعث تجزیه سیمای سرزمین در این کاربری شده است. سنجه تعداد پهرو شاخص بعدی در رابطه با تجزیه و تخریب سیمای سرزمین است که نشان می دهد تعداد پهرو در کاربری مسکونی نسبت به سایر کاربری ها در دهه اول سیر نزولی و در دهه دوم سیر صعودی را دارد که این سنجه باز باعث نشان از افزایش میزان تجزیه سیمای سرزمین را دارد. کاهش میانگین اندازه پهرو با میزان تخریب سیمای سرزمین رابطه عکس دارد و بر این اساس در کاربری مسکونی در طول بازه مورد مطالعه میانگین اندازه پهروها کاهش یافته در خصوص کاربری کشاورزی و منابع آب در دهه اول میانگین افزایش و در دهه دوم کاهش و در کاربری مرتع و اراضی بایر بطور میانگین در طول دوره روند افزایشی داشته اند که با این وجود میزان تخریب سیمای سرزمین در دو کاربری مرتع و اراضی بایر نسبت به کاربری های دیگر کمتر بوده است. با توجه به (جدول ۶) شاخص بزرگترین پهرو در کاربری مسکونی در دهه اول کاهش یافته و در دهه دوم تغییر چندانی نداشته است در کاربری کشاورزی و منابع آب تا حدودی تغییرات ثابت بوده ولی در کاربری مرتع این شاخص در دهه اول افزایش و در دهه دوم کاهش یافته که میزان پهرو شدگی در دهه دوم در این کاربری اتفاق افتاده است اما در اراضی بایر این شاخص در طول دوره افزایش یافته است. و در رابطه با سنجه شکل سیمای سرزمین می توان گفت که در کاربری مسکونی و کشاورزی در دهه اول کاهش و در دهه دوم افزایش داشته که باعث نامنظم تر شدن سیمای سرزمین شده اند و در اراضی بایر و مرتع و منابع آب در طول دوره کاهش یافته

• مقایسه سنجه ها در سطح کلاس در دوره های مختلف

جداول مربوط به بررسی و مقایسه سنجه های سرزمین در سطح کلاس شهرستان ملایر طی یک دوره بیست ساله ارائه شده است. نتایج تغییرات کاربری در این بازه بیست ساله حاکی از آن است که در طبقه منابع آب مساحت طبقه تا حد زیادی در طول دوره مطالعه کاهش یافته به صورتی که از مساحت ۲۳۹۱۸/۳۱ در سال ۱۹۹۷ به مساحت ۲۴۸/۷۶ در سال ۲۰۱۷ کاهش یافته است در سال ۱۹۹۷ میزان منابع آب شهرستان ۶.۶۴ درصد مساحت داشته و این مقدار به ۰.۰۷ در سال ۲۰۱۷ کاهش یافته است و سه برابر کاهش منابع آب نشان دهنده روند افزایشی کاهش آب شهرستان می باشد که علت عمده آن در دهه های اخیر به سبب استفاده بی رویه از منابع آب های زیر زمینی و فرهنگ نا صحیح کشت در بخش کشاورزی بوده که باعث شده منطقه به سوی خشکسالی پیش رفته و کاهش بارندگی و تغییر اقلیم نیز به این خشکسالی دامن زده است. با توجه به جدول (۶) در طبقه کاربری مسکونی تعداد پهروها در دهه اول بازه روند کاهشی داشته و اما در دهه دوم میزان آن افزایش یافته که افزایش تعداد پهروها شاخص مهمی در تجزیه و تخریب سرزمین به شمار می رود و با افزایش تعداد پهروها میزان تخریب سرزمین افزایش می یابد. که نشان از تجزیه و کاهش پیوستگی است. با توجه به سنجه پراکندگی مشاهده می شود که در سال ۱۹۹۷ و ۲۰۱۷ کاربری مسکونی و در سال ۲۰۰۷ کاربری کشاورزی بیشترین پراکندگی را دارد. این شاخص کارایی خوبی در بیان پهروشدگی سیمای سرزمین دارد و بیان می

دارند و تعداد پهروها کاهش یافته است که در رابطه با منابع آب این موضوع متاسفانه خوش آیند نیست چرا که از سال ۱۹۹۷ میزان پراکنش آب به علت پدیده خشکسالی در منطقه مورد مطالعه بسیار کم شده است شیرمحمدی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی خشکسالی دشت ملایردر سالهای ۱۳۹۳-۱۳۷۸ عنوان کردند که در ایستگاههای نامبله، سرابی، وسج، پیهان و خیر آباد تعداد سالهای خشک به ترتیب ۲۶، ۱۲، ۱۳، ۱۲ و ۱۶ می باشد. همان طور که در شکل (۲) مشخص است و در ارقام موجود در جدول (۶) از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ از میان منابع آب شهرستان مساحت ۲۳۶۶۹/۵۵ هکتار باقی مانده است.

است نتایج به دست آمده از کاربرد سنجه های مورد استفاده در این پژوهش بیانگر کارایی سنجه های مساحت طبقه، شاخص بزرگترین پهرو و تعداد پهرو در بررسی، تحلیل و آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی و سیمای سرزمین است.

بطور کلی با توجه به مقادیر سنجه ها می توان گفت که در دهه (۲۰۰۷-۱۹۹۷) تعداد همه کاربری ها کم شده که میزان تکه تکه شدن و پهرو شدگی سیمای سرزمین کمتر اتفاق افتاده است و پراکندگی کاربری ها افزایش داشته که با میزان تخریب سیمای سرزمین رابطه مستقیم دارد و از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ همه کاربری ها پراکندگی کمتری را

جدول ۶- میزان تغییرات سنجه های سیمای سرزمین در دوره های زمانی مختلف

سالها	نام کاربری ها	مساحت طبقه (هکتار)	تعداد پهرو ها	شاخص بزرگترین پهرو(درصد)	شکل سیمای سرزمین	میانگین اندازه پهرو(هکتار)	پراکندگی (درصد)
۲۰۰۷ تا ۱۹۹۷	مسکونی	۶۸۸۴/۶۳	۵۸۳۴۲	۴/۱۸	۲۵۰/۱۴	۰/۳۴	۳۲
	کشاورزی	۶۷۶۲/۸۷	۹۲۳۱	۰/۷۸	۴۰/۸۷	۲/۹۴	۰/۶۷
	منابع آب	۲۳۵۵۴/۲۶	۲۵۲۰۶	۰/۰۲	۲۱۶/۹۶	۳۶۳/۱	۵/۶۷
	مرتع	۱۳۴۰۲/۳۵	۱۳۲۵۵	۳/۱۱	۴۸/۸	۱/۴	۳۲/۶۲
	اراضی بایر	۹۹۰۱۲/۱۵	۳۰۹۸۳	۳۱/۴۳	۱۵۳/۱۸	۶/۰۲	۲۱/۱۲
۲۰۱۷ تا ۲۰۰۷	مسکونی	۱۵۱/۵۶	۱۰۲۸۲	۰/۱۱	۳۰/۲۲	۰/۱۵	۲۴/۲۹
	کشاورزی	۱۵۹۵/۸۸	۳۷۰۹	۰/۱۷	۲۳/۵	۰/۹۲	۳/۲
	منابع آب	۱۱۵/۲۹	۲۵۲۰۶	۰/۶۴	۰/۲۱	۱۱۵/۲۹	۵۹/۲۲
	مرتع	۲۳۳۲/۹۸	۳۴۳۸	۴/۷	۱۱/۶۴	۰/۳۷	۳/۲۱
	اراضی بایر	۷۰۹/۰۹	۱۱۳۹	۳/۰۴	۰/۰۴	۰/۳۷	۶/۴۴
۲۰۱۷ تا ۱۹۹۷	مسکونی	۶۰۶۹۸/۰۷	۴۸۰۶۱	۴/۱	۲۱۹/۹۲	۰/۴۹	۷/۷۱
	کشاورزی	۸۳۵۹/۲۹	۵۴۹۵	۰/۶۱	۱۷۱/۳۷	۱/۵۸	۳/۸۷
	منابع آب	۲۳۶۶۹/۵۵	۲۵۲۰۶	۰/۶۲	۲۱۶/۷۵	۲۴۷/۸۱	۵۳/۵۵
	مرتع	۱۱۰۶۹/۳۷	۱۶۶۹۳	۱/۵۹	۶۰/۴۴	۱/۷۷	۱۱/۷۷
	اراضی بایر	۶۴۹۳۸/۹۴	۲۹۸۴۴	۳۴/۴۷	۱۵۳/۲۲	۵/۶۵	۱۴/۴۸

کاربری مرتع، اراضی بایر و کشاورزی در دوره (۲۰۱۷-۱۹۹۷) بجز منابع آب که امروزه با بحران روبرو است همه کاربری ها در سال ۲۰۱۷ از تغییرات شدید دور مانده اند که یکی از دلایل آن را می توان همان کمبود منابع آب دانست.

تبدیل کاربری های غیر مسکونی به مسکونی کمتر صورت گرفته است زیرا در دهه اخیر اجرای قوانین مرتبط با حفاظت از آثار ملی و مراتع در منطقه مورد مطالعه به قوت خود رسیده و میزان رسیدگی نهاد ها و سازمانهای مسئول از طریق افزایش گشت های مبارزه با تبدیل کاربری ها بیشتر

میزان بارندگی در طی سالهای بلند مدت ۳۲۲.۱ بوده که در سال ۲۰۱۵ در ملایر به ۲۸۲.۶ میلیمتر رسیده است. در دوره (۲۰۱۷-۱۹۹۷) میانگین بزرگترین پهرو در کاربری مسکونی کاهش یافته که نشان از پهرو شدگی سیمای سرزمین در این کاربری می باشد. با توجه به افزایش بحث و نتیجه گیری

بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن بر سیمای سرزمین منطقه مورد مطالعه حاکی از آن است که میزان تغییرات کاربری در طول دوره سیر نزولی داشته و میزان

دیگرگویای کارایی این سنجه ها در مشخص کردن میزان تخریب و تجزیه و تغییرات کاربری های سیمای سرزمین است. مطالعات Fichra و همکاران در سال (۲۰۱۲) موید سودمند بودن دو شاخص تعداد پهرو و بزرگترین پهرو در آشکارسازی فرایند پهروشدگی سرزمین و مقایسه تغییرات پیکربندی سیمای سرزمین در مقاطع زمانی مختلف است. یافته‌های پژوهش حاضر نیز در خصوص کاربرد این دو شاخص به نتایج مشابهی دست یافته است.

نتایج این تحقیق در رابطه بالا بودن تغییرات کاربری در دهه اول (۱۹۹۷-۲۰۰۷) با مطالعات Haji Malayeri and Shams در رابطه با توسعه فیزیکی شهر ملایر در سالهای (۱۳۸۵-۱۳۶۵) هم سو است در سال ۱۳۸۵ میزان کاربری های مرتع، بایر، باغات و کشاورزی کاسته شده و به کاربری مسکونی تبدیل شده اند که بیشتر تبدیلات به خاطر افزایش جمعیت، واگذاری اراضی بالاخص در شمال غربی و همچنین مدیریت نادرست سرزمین بوده که تاثیر مستقیمی بر تغییرات کاربری اراضی و در نتیجه منجر به گسترش توسعه فیزیکی شهر در شده است. همچنین نتایج این پژوهش با مطالعات Mohammadi و همکاران (۲۰۱۶) در رابطه با خشکسالی و کاهش ۷ درصدی منابع آب در طول سالهای ۱۳۷۶ و ۱۳۸۱ در دشت ملایر مطابقت دارد چرا که با توجه به نتایج این پژوهش میزان منابع آب در طول بیست سال ۳۲/۵۸ درصد کاهش یافته است.

شده است. با کاهش ریزش های جوی، افزایش چند درجه میانگین سالانه ی دما در منطقه و خشکسالی سالهای اخیر انتظار روند کم آبی دور از انتظار نیست که نتایج عملیات حاصل از سنجش از دور و کمی کردن سنجه های سیمای سرزمین نیز بر آن صحنه گذاشته است. روند تغییر کاربری های اطراف طی دوره کم آبی با توجه به آثار محیط زیستی به نوعی بسیار مهم است چرا که به دلیل خشکسالی سالهای اخیر و کاهش درصدی منابع آب در طول دوره در منطقه مورد مطالعه باعث شده میزان دستبرد افراد به مراتب و اراضی بایر کمتر شود و مساحت کاربری های مرتع و اراضی بایر در اواخر دوره افزایش یابد. تعداد پهرو ها در سال ۲۰۱۷ در کاربری مسکونی افزایش یافته با توجه به مساحت کم در اواخر دوره افزایش تعداد پهرو ها به دلیل قوانین ارث که باعث شده کاربری مسکونی به صورت تکه تکه و شکل پیچیده سیمای سرزمین شود مشهود می باشد. با توجه به تحلیل سنجه ها نتایج این تحقیق با نتایج به دست آمده از کاربرد سنجه‌ها در پژوهش های دیگر بیانگر کارایی سنجه‌های مساحت طبقه، جهت آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی، کارایی شاخص بزرگترین پهرو جهت ارزیابی پهروشدگی زیستگاه‌ها و اکوسیستم ها می باشد. در مجموع سه شاخص مساحت و تعداد پهرو و بزرگترین پهرو در بررسی، تحلیل و آشکارسازی تغییرات و تخریب سرزمین کارایی و کاربرد دارند. و با مطالعات Salajegheh و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد چرا که تغییرات سنجه تعداد پهرو و میانگین اندازه پهرو ها در کاربری مسکونی در این پژوهش و مقایسه آن با تحقیقات منابع

- براتی، ب.، جهانی، ع.، زبر دست، ل.، رایگانی، ب. ۱۳۹۶. ارزیابی یکپارچگی مناطق حفاظت شده با به کارگیری رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین (منطقه مورد مطالعه: پارک ملی و پناهگاه حیات وحش کلاه قاضی)، آمایش سرزمین، دوره نهم، شماره اول، بهار، ۱۵۳-۱۶۸.
- بابا زاده خامنه، ص.، فقهی، ک.، سر تشنیزی، ف.، دانه کار، الف. ۱۳۹۳. کاربرد سنجه های سیمای سرزمین در تحلیل گرادیان فضای سبز شهری (مطالعه موردی: کرج). فصلنامه علوم و مهندسی محیط زیست، بهار، دوره ۱، ۲۳-۳۳.
- بیات ورکشی، م.، شیر محمدی خرم، ن.، شیرمحمدی خرم، ن. ۱۳۹۵. بررسی خشکسالی دشت ملایر با استفاده از شاخص معیار بارش سالانه، ششمین کنفرانس مدیریت منابع آب، کردستان، ایران.
- چابلقی، م.، شایسته، ک.، غلامعلی فرد، م. ۱۳۹۶. پایش و تحلیل الگوی سیمای سرزمین استان لرستان و فرایند تغییر آن در محیط GIS. منابع طبیعی ایران، دوره ۷۰، شماره یک، بهار ۱۵-۳۵.
- خزاعی، ن. و آذری دهکردی، ف. ۱۳۸۷. تحلیل توام تخریب سیمای سرزمین در حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از متریک‌های اکولوژیکی سیمای سرزمین. علوم محیطی، سال ششم، شماره دوم، زمستان، ۶۴-۵۵ ص.
- رفیعی، ۱۳۸۸. ارزیابی فضای سبز شهری مشهد با استفاده از داده های فضایی، مجله بین المللی رصد و کاوش کاربری زمین و اطلاعات زمینی، شماره ۴۳۱، ۱۱-۴۳۸.

- سلیمان نژاد، ل.، فقهی، ج.، مخدوم، م.، نمیرانیان، م. ۱۳۹۳. بررسی الگوی مکانی پارکهای تهران توسط سنجه های سیمای سرزمین. پژوهش های محیط زیست، ۹، ۲۵-۳۴.
- شمس، م.، حجتی ملایری، پ. ۱۳۸۸. توسعه فیزیکی و تاثیر آن در تغییرات کاربری اراضی شهر ملایر (۸۵-۱۳۶۵). فصلنامه جغرافیایی آمایش، شماره ۷، ۹۱-۷۵.
- فقهی، ج. و کرمی، آ. ۱۳۹۰. بررسی کمی کردن سنجه های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویر احمد). محیط شناسی سال سی و هفتم، شماره ۶، زمستان، ۷۹-۸۸.
- فقهی، ج. و کرمی، آ. ۱۳۹۱. پایش و مقایسه کاربری اراضی زاگرس شمالی و جنوبی با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین + مطالعه موردی: استان کردستان و کهگیلویه و بویر احمد). آمایش سرزمین، سال چهارم، شماره شش، بهار و تابستان، ۳۴-۵.
- نوا نیکخو: بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: شهر ملایر)، کارشناسی ارشد، ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ۱۳۹۳، ۹۰ ص.
- Cohen, M.J., Yuan, J. ۲۰۱۷. Spatial metrics for detecting ecosystem degradation in the ridge-slough patterned landscape. *Ecological Indicators*, ۷۴, ۴۲۷-۴۴۰
- Fichera, C.R.; Modica, G. & Pollino, M. ۲۰۱۲. Land Cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics. *European journal of Remote Sensing*, ۴۵, ۱-۱۸pp.
- Herold, M.; Scepan, J. & Clarke, K.C. ۲۰۰۲. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Environmental and planning A*, Vol. ۳۴, ۱۴۴۳-۱۴۵۸.
- Huang, J.; Zhenshun, T. & Jie, L. ۲۰۱۰. Detecting spatiotemporal change of land use and landscape pattern in a coastal gulf region, southeast of China. *Environment, Development and Sustainability*. Volume ۱۲, Issue ۱, pp ۳۵-۴۸.
- Inkoom, N.J., Frank, S., Greve, C., Walz, U. & Fürst. ۲۰۱۸. Suitability of different landscape metrics for the assessments of patchy landscapes in West Africa. *Ecological Indicators*, ۱۱۷-۱۲۷.
- McGarigal, K., et al. ۲۰۰۲. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- Niesterowicz, J. & Stepinski, F. ۲۰۱۶. On using Landscape metric for Landscape similarity search. *Ecological Indicators*, ۲۰-۳۰.
- Ramachandra, T.V.; Utam, K. & Joshi, N.V. ۲۰۱۲. Landscape Dynamics in Western Hymalia-Mandhala Watershed, Himachal Pradesh, India. *Asian journal of Geoinformatics*, Vol. ۱۲, No ۱