



سنجش از دور

,

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.15, No. 2, Summer 2023

۱-۱۶

مقاله پژوهشی

ارزیابی تغییرات اکولوژیکی و تحلیل الگوهای حاکم بر چشم‌انداز

مطالعه موردی: شهرستان ورزقان

آذر پویان جم^۱ و حسن محمودزاده^{۲*}

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز

۲. دانشیار دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱

چکیده

افزایش جمعیت شهرنشین، در پی مهاجرت از روستاها و گاه توسعه ناهماهنگ روستاها و تبدیل آنها به شهر، از عوامل مشکل‌زا در ساختار محیطی کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود. از نتایج آن نیز تغییرات اکولوژیکی، به‌ویژه تخریب مناظر طبیعی و کاهش آنها به نفع مناظر انسان‌ساخت و برهم خوردن الگوهای مکانی پوشش طبیعی است. هدف از این پژوهش ارزیابی تغییرات اکولوژیکی و تحلیل الگوهای حاکم بر چشم‌اندازهای شهرستان ورزقان، با استفاده از متریک‌های کمی و کیفی سیمای سرزمین در سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۸۱، ۱۳۹۸ است. ماهیت تحقیق توسعه‌ای- کاربردی و توصیفی- تحلیلی است. داده‌ها از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی گرد آمد؛ پس از تهیه نقشه‌های پوشش زمین، کشف تغییرات محاسبه شد و متریک‌های کمی و کیفی سیمای سرزمین، با روش‌های مبتنی بر سنجش از دور، اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بیشترین تغییرات در زمینه کلاس‌های پوشش گیاهی، به‌ویژه در سطح کم‌تراکم و در بازه سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ بوده است که علاوه بر کاهش مساحت، شامل افزایش تعداد لکه نیز می‌شود. در این بازه، رشد کلاس بایر و مرتع بیشتر است. همچنین دو متریک کمی تعداد لکه (NE) و درصد چشم‌انداز (PLand)، از متریک‌های کمی و شاخص مساحت لکه (Patch Area) و فشردگی لکه (Patch Compactness) به‌نحو مطلوب‌تری تغییرات و الگوهای حاکم بر سیمای یک سرزمین را نشان می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: تغییرات اکولوژیکی، متریک‌های سیمای سرزمین، Fragstats، شهرستان ورزقان.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، بلوار ۲۹ بهمن، کدپستی: ۵۱۶۶۶۱۶۴۷۱، تلفن:

۳۳۳۹۲۲۹۶ (ف۱)، فکس: ۳۳۵۶۰۱۳ (ف۱)

Email: mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0001-5465-1114>

<https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.102331>



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

۱- مقدمه

آشوب و اختلال در محیط‌ها مسئله‌ای انکارناپذیر است و این امر سیمای سرزمین را به موزاییکی از لکه‌های گوناگون زیستگاهی تبدیل می‌کند (Panahandeh & Feyzi, 2020). اکوسیستم‌های جنگلی زیستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری است که چشم‌اندازی زیباتر از سایر اکوسیستم‌ها ایجاد می‌کند و ارجحیت بیشتری بر دیگر چشم‌اندازها دارد (Akbari & Kalbi, 2019). امروزه حفظ تنوع چشم‌انداز در اکوسیستم‌های گوناگون اهمیت بسیاری یافته است و آنچه بر اهمیت روزافزون تنوع چشم‌انداز می‌افزاید نقش آن در حفظ ثبات اکوسیستم‌هاست. حضور گونه‌های گیاهی بیشتر، در یک منطقه، ساختار پیچیده‌تری به چشم‌اندازهای طبیعی خواهد داد و در نتیجه، این اکوسیستم‌ها در پاسخ به تغییرات، توانایی بیشتری دارند و باثبات‌ترند. همچنین تنوع زیستی بیشتر اکوسیستم‌ها نشان‌دهنده پایداری بیشتر آنهاست (Satayshi et al., 2013). به دلیل بی‌سابقه بودن سرعت جنگل‌زدایی و کاهش جنگل‌ها، قطعه‌قطعه‌شدن زیستگاه‌ها به معضلی اصلی در حفاظت چشم‌اندازهای جنگلی تبدیل شده است (Matthews et al., 2014). بیشتر جنگل‌های باقی‌مانده به دست انسان‌ها تغییرات شدیدی یافته‌اند و اغلب، به لکه‌های تقریباً کوچک جنگلی، قطعه‌قطعه شده‌اند (Meade, 2014). از بین رفتن و تکه‌تکه شدن چشم‌اندازها محرک‌های اصلی کاهش تنوع زیستی شناخته شده است (Calviño-Cancela et al., 2012). علاوه بر کاهش تعداد کل گونه‌ها، این نگرانی وجود دارد که انواع گونه‌هایی که در تکه‌های جنگلی از بین رفته‌اند دارای ارزش بالای حفاظتی، مانند تراکم اندک، یا در زمرة گونه‌های تخصصی زیستگاه و گونه‌هایی با دامنه‌های محدود جغرافیایی باشند (Gorgani, 2012)؛ به عبارت دیگر، قطعه‌قطعه‌شدن چشم‌انداز شامل فرایندی است که به ناپیوستگی پیکربندی فضایی چشم‌انداز ختم می‌شود (De Montis et al., 2017). قطعه‌قطعه‌شدن چشم‌انداز مبتنی بر کاهش یک زیستگاه و جایگزینی آن با

زیستگاهی دارای کیفیت کمتر است (Lam et al., 2018). Alan et al., 2002). قطعه‌قطعه‌شدن ممکن است شامل کاهش زیستگاه یا مجزاشدن به لکه‌های زیستگاهی باشد که نتیجه آن پدیدآمدن لکه‌های کوچک و در نهایت، لکه‌هایی با فاصله بیشتر است (Hunter, 1990).

در حال حاضر، شهرنشینی به نیروی محرک اصلی ایجاد تغییر در فضاهای اکولوژیکی تبدیل شده است (Leite et al., 2018; Zhang et al., 2018). دلیل اصلی این مسئله تشدید استفاده از زمین، طی فرایند شهرنشینی است که به تغییر در فاکتورهای اکولوژیکی منطقه‌ای منجر می‌شود (Ouedraogo et al., 2016; Koopman et al., 2018).

شهرنشینی ساختار و عملکرد فضاهای اکولوژیکی را تغییر داده و فضاهای اکولوژیکی طبیعی را به فضای بوم‌شناختی زیر سلطه انسان تبدیل کرده است (Partl et al., 2017; Wang et al., 2018). در نتیجه، تعارض بین اکولوژی‌های اجتماعی، اقتصادی و طبیعی شهری افزایش یافته و فشار بر فضاهای اکولوژیکی همچنان در حال رشد است. این موارد به کاهش کیفیت فضاهای اکولوژیکی در سطح کل حوزه می‌انجامد که در الگوهای حاکم بر سیمای چشم‌انداز، تأثیر منفی می‌گذارد (Abu Hammad & Tumeizi, 2012). بنابراین برای اینکه یکپارچگی و تعادل اکوسیستم‌ها حفظ شود و توسعه پایدار به دست آید، لازم است در طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی یک منطقه در ابعاد گوناگون، جنبه‌های متفاوت محیط‌زیست از جمله الگوهای مکانی چشم‌اندازهای منطقه، شناسایی و مطالعه عناصر مهم و تأثیرگذار در کیفیت آن مورد توجه قرار گیرد که دانش‌سنجش از دور دست‌یابی به این مهم را امکان‌پذیر کرده است.

شهرستان ورزقان یکی از شهرستان‌های آذربایجان شرقی است که در بخش شمالی این استان و روی دامنه کوه‌های قره‌داغ جای گرفته است (Alipour et al., 2016). این شهرستان شامل مناطق اوزمدل شمالی، اوزمدل جنوبی، دیزمار باختری و دیزمار خاوری

پائودیال^۲ و همکاران (۲۰۱۹) آثار تغییرات سیمای سرزمین در حوضه آبخیز پهوا (نیپال) را در عرضة خدمات اکوسیستم و بازیابی جنگل‌ها در طول چهل سال، ارزیابی کمی و کیفی کردند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تبدیل جالب‌توجه اراضی کشاورزی، علفزارها و جنگل‌های تخریب‌شده به جنگل‌های انبوه و متراکم بوده است. این جنگل‌ها، در قیاس با دیگر انواع پوشش‌های اراضی، مزایای تقریباً بیشتری دارند. دینکا و چاکا^۳ (۲۰۱۹) نیز در حوضه آدی، ارتفاعات مرکزی اتیوپی، پژوهشی انجام داده‌اند. نتایج تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری و پوشش اراضی در این پژوهش نشان داد پوشش اراضی جنگلی کاهش و اراضی کشاورزی و بوته‌زار گسترش یافته است.

در جمع‌بندی این پژوهش‌ها، باید گفت بر اهمیت محاسبه میزان تغییرات و پیش‌بینی‌های دقیق درباره الگوی تغییرات آینده سیمای سرزمین، برای جلوگیری از تغییر نامطلوب آن و حفظ ثبات و پایداری اکوسیستم در حوضه آبخیز تأکید داشته‌اند (Zhang et al., 2019). در عرصه داخلی، رحیمی^۴ و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای اشاره کرده‌اند که بوم‌شناسی سیمای سرزمین اغلب مبتنی بر الگوی لکه و پس‌زمینه است. نتایج پژوهش احمدی میرقاند^۵ و همکاران (۲۰۱۶) با نام «تلفیق عناصر بصری و محیط‌زیستی با استفاده از روش‌های فازی و چندمعیاری در ارزیابی کیفیت زیبایی‌شناختی حوزه آبخیز قره‌سو، استان گلستان» نشان داد معیارهای تیپ پوشش گیاهی، قابلیت دید آبشار، تراکم پوشش گیاهی، نزدیکی به رودخانه و میزان بکر بودن، به ترتیب در مقایسه با معیارهای دیگر در ارزیابی کیفیت زیبانشناختی منطقه مطالعاتی، در اولویت قرار دارند. سبزقبا^۶ و همکاران (۲۰۱۶)،

می‌شود. طبق گزارش‌های کارشناسان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ورزقان مهم‌ترین کانی‌های فلزی مس، طلا، نقره و مواردی از این دست را دارد و از نظر مراتع و جنگل، غنی است (Nuri, 2004). ارزیابی تغییرات اکولوژیکی هر منطقه، با توجه به تأثیر آن در چشم‌اندازهای طبیعی و انسانی به لحاظ زیبایی‌شناختی و در پی آن، ارتقای سلامت روان شهروندان، می‌تواند برنامه‌ریزان شهری را در جهت بهبود کیفیت محیط سوق دهد. در این زمینه، پژوهش پیش رو سعی داشته است در سطح شهرستان ورزقان، تغییرات اکولوژیکی را ارزیابی و الگوهای حاکم بر چشم‌انداز را با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین، تحلیل کند. بدین‌منظور محققان این پژوهش، از یک‌سو، به ظرفیت بالای چشم‌اندازهای طبیعی شهرستان مورد نظر و وجود بخشی از گنجینه سبز جنگل‌های ارسباران در این منطقه و از دیگر سو به گسترش ساخت‌وسازهای انسانی، اعم از مسکونی و صنعتی، همچون معادن فعال در حال گسترش، توجه داشته‌اند.

پرسش‌های مطرح‌شده در این پژوهش عبارت‌اند از:
 - بیشترین تغییرات به کدام‌یک از چشم‌اندازها در سطح شهرستان ورزقان مرتبط است؟
 - کدام‌یک از متریک‌های کمی و کیفی الگوهای حاکم بر چشم‌اندازها را بهتر بازگو می‌کنند؟

۲- پیشینه پژوهش

پژوهش‌هایی در این زمینه، با تکیه بر دانش سنجش از دور، در عرصه‌های داخلی و خارجی انجام شده است که به چند مورد اشاره می‌شود.

در عرصه خارجی، وانگ^۱ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی، روند تغییرات الگوی سیمای سرزمین حوضه آبخیز رودخانه ماناس را بررسی کرده‌اند. نتایج بیان می‌کند روند تکه‌تکه‌شدن چشم‌انداز، با کاهش تعداد لکه‌ها و افزایش به هم‌پیوستگی، کمتر شده است. هجوم جمعیت و احیای خاک شور-قلیایی دو عامل مهم و اصلی در تغییرات الگوی منظر این منطقه بود.

1. Wang
2. Paudyal
3. Dinka & Chaka
4. Rahimi
5. Ahmadi Mirghaed
6. Sabzghobai

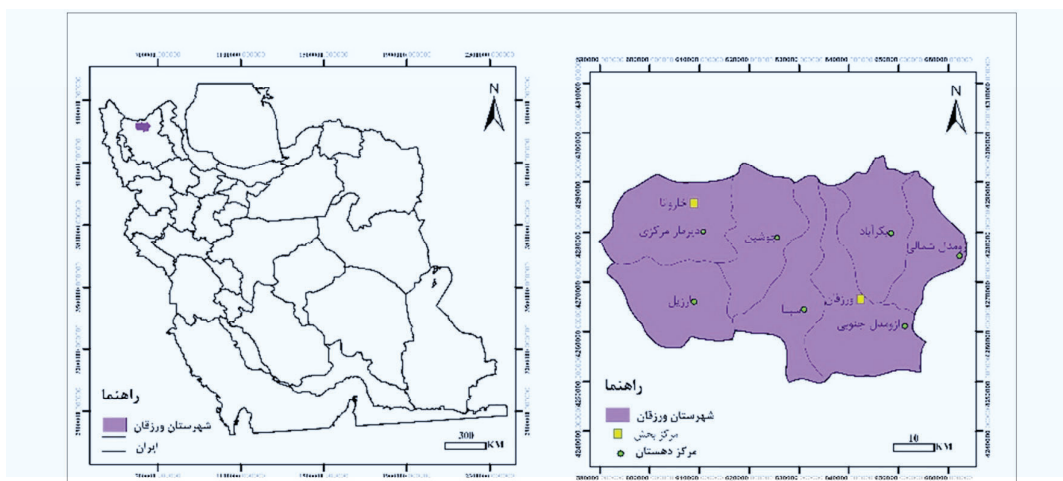
ارسباران شمرده می‌شود و از لحاظ ساختار طبیعی و مورفولوژیک، به ساختار طبیعی و مورفولوژیک ارسباران شباهت دارد (Hafezzadeh, 1997: 31). مرکز آن شهر ورزقان است. این شهرستان از دو بخش مرکزی و بخش خاروانا تشکیل شده و بر اساس نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان ورزقان ۵۲۶۵۰ نفر است (سرشماری عمومی نفوس و مسکن، ۱۳۹۵).

جاذبه‌های گردشگری شهرستان ورزقان در نوع خود بی‌نظیر و دارای ارزش ملی و جهانی‌اند. از بارزترین آنها می‌توان به بخش‌هایی از جنگل‌های ارسباران اشاره کرد که در شمال این شهرستان واقع شده است و از زیباترین چشم‌اندازهای طبیعی این منطقه محسوب می‌شود. وجود معادن گوناگون، مانند معدن مس سونگون، نیز یکی از علل جمعیت‌پذیری این شهرستان است که از یک‌سو، سبب رونق اقتصادی و کمک به کاهش رشد بیکاری افراد بومی و از سوی دیگر، سبب تخریب بخش شایان توجهی از پوشش گیاهی، به‌ویژه بخش‌هایی از جنگل‌های ارسباران، شده است (Faraji Sabokbar et al., 2012).

در پژوهشی، الگوهای سیمای سرزمین را در قالب چشم‌اندازهای زیست‌محیطی، تحلیل کردند. سعیدی و سعیدی^۱ (۲۰۱۷)، در مقاله‌ای با نام «ثبت ویژگی‌های بصری سیمای سرزمین با استفاده از شاخص‌ها بر اساس نظریه زیبایی شناختی سیمای سرزمین»، هریک از شاخص‌ها را از طریق نرم‌افزار Fragstat تحلیل کردند و ویژگی‌های بصری سیمای سرزمین را با استفاده از شاخص‌های به‌دست‌آمده از نه مفهوم نظریه-مبنای مرتبط با درک سیمای سرزمین را ثبت کردند.

۳- محدوده مورد مطالعه

شهرستان ورزقان، با مساحت حدود ۴۰۵۷۰٫۸ کیلومترمربع، در بخش شمالی استان آذربایجان شرقی واقع شده (شکل ۱) و ارتفاع متوسط این شهرستان از سطح دریا ۱۹۷۰ متر است. ورزقان از سمت شمال با شهرستان کلیبر و جلفا، از شرق با شهرستان اهر، از جنوب با شهرستان‌های هریس و تبریز و از غرب با شهرستان مرند هم‌جوار است (Alipour et al., 2016). این شهرستان بخشی از منطقه وسیع و قدیمی



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی شهرستان در کشور

۴- روش و ابزار تحقیق

بسیار تأثیرگذار است و باعث افزایش مقدار عددی پیکسل‌ها (DN) می‌شود. تأثیر جذب امواج الکترومغناطیسی نیز به کاهش مقدار عددی پیکسل‌ها می‌انجامد. اثر شکست امواج الکترومغناطیسی زیاد نیست اما تأثیر جذب و پخش را باید با استفاده از تصحیحات رادیومتریکی برطرف کرد. تقدم و تأخر تصحیحات هندسی و رادیومتریکی بسیار مهم است و با توجه به نوع سنجنده معین می‌شود اما، در ماهواره لندست، ابتدا تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری را انجام می‌دهیم و بعد وارد فاز تصحیحات هندسی می‌شویم (Pouyan Jam, 2018).

۲-۱-۴- تصحیحات اتمسفری

به علت وجود ذرات معلق در اتمسفر، طول موج‌های انرژی الکترومغناطیس، به ویژه طول موج کوتاه بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند و سبب تغییرات میزان انرژی رسیده به سنجنده می‌شوند. برای رفع اثر آن، از روش‌های گوناگون تصحیحات اتمسفری بهره می‌گیریم. در این تحقیق، برای تصحیحات اتمسفری، روش الگوریتم FLAASH با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر ENVI 5.3 به کار رفته است. یکی از روش‌های بسیار دقیق و مهم در زمینه تصحیحات اتمسفری تصاویر ماهواره‌ای، الگوریتم FLAASH است. این الگوریتم که بر مبنای مدل‌های انتقال تابشی تهیه شده است، خطاهای ناشی از جذب و پخش اتمسفر را اصلاح می‌کند.

۳-۱-۴- بارزسازی تصاویر

برای افزایش قدرت تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، به برخی روش‌های معمول به منظور بارزسازی تصاویر احتیاج است تا وضوح و کنتراست تصویر افزایش یابد. در این تحقیق، برای بارزسازی دو تصویر متعلق به سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۸۱ که از لندست ۵ دریافت شده‌اند، از روش متعادل‌سازی هیستوگرام استفاده شده است. در این روش، ابتدا باندهای تصاویر منطقه براساس سیستم RGB انتخاب و سپس به روش بسط هیستوگرام، به ارزش‌های

پژوهش حاضر، از نظر روش، توصیفی-تحلیلی و دارای ماهیت توسعه‌ای-کاربردی است. داده‌های مورد نیاز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، اسنادی و میدانی به دست آمد و از داده‌های سری زمانی ماهواره لندست ۵ و ۸ (سنجنده‌های TM و OLI) در تاریخ‌های ۱۹۸۴/۱۰/۷، ۲۰۰۲/۲۶/۶ و ۲۰۱۹/۱۱/۷ (معادل با تاریخ شمسی ۱۳۶۳/۰۴/۱۹، ۱۳۸۱/۰۴/۰۵ و ۱۳۹۸/۰۴/۲۰) استفاده شد.

نرم‌افزارهای مورد استفاده در این پژوهش عبارت‌اند از نرم‌افزار ENVI 5.3، نرم‌افزار Terrset و نرم‌افزار 4.2.1 Fragstats. در تحقیق پیش رو، برای دست‌یابی به نتیجه، مجموعه‌ای از روش‌ها روی داده‌های اصلی اجرا شد. این داده‌ها شامل تصاویر ماهواره‌ای متعلق به سه دوره زمانی یادشده، در بازه ۳۵ ساله (۱۳۶۳ تا ۱۳۹۸) است که شامل سه بخش می‌شود:

- ۱) تهیه نقشه‌های طبقه‌بندی پوشش زمین؛
- ۲) آشکارسازی تغییرات و بررسی پوشش زمین؛
- ۳) محاسبه متریک‌های کیفی و کمی سیمای سرزمین.

۱-۴-۱- تهیه نقشه‌های طبقه‌بندی پوشش زمین

به منظور استخراج نقشه‌های پوشش زمین از تصاویر ماهواره‌ای، به ترتیب عملیات پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش انجام شد. پیش‌پردازش یا آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای شامل مراحل می‌شود که در ادامه می‌آید.

۱-۱-۴- تصحیح رادیومتریک

تصحیحات رادیومتریکی به تصحیحاتی دارد اشاره که لازم است روی تصاویر اعمال شود زیرا انرژی امواج الکترومغناطیسی، طی مسیر عبوری خود، از پستی بلندی‌ها و شیب زمین تأثیر پذیرفته و در نهایت به سنجنده رسیده است. این تأثیرپذیری شامل جذب، پخش و شکست امواج الکترومغناطیسی می‌شود. اثر پخش امواج الکترومغناطیسی در محدوده طیف مرئی

می‌شود. مرحله دوم پس از طبقه‌بندی است که با هدف بازبینی صحت و تصحیح نتایج طبقه‌بندی انجام می‌شود. علاوه بر عملیات میدانی، نمونه‌های آموزشی مورد نیاز برای استخراج نقشه‌های کاربری اراضی را می‌توان با استفاده از داده‌های در دسترس گوگل ارث و داده‌های تصویری نیز جمع‌آوری کرد. در تحقیق پیش رو، نمونه‌های آموزشی با استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث و مطالعه و بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و خاک‌شناسی منطقه برداشت شده و در نهایت، از آن به منظور صحت اعتبارسنجی طبقه‌بندی، که به عملیات پس از پردازش مرتبط است، استفاده شد.

طی دو مرحله قبل، نقشه‌های پوشش زمین از تصاویر مستخرج شد. در نهایت، پس پردازش انجام شد که شامل این موارد است:

۴-۲-۲- ارزیابی صحت کار

هیچ طبقه‌بندی، تا زمانی که دقت آن آزموده نشود، تکمیل نیست (Lillesand, 2001). در این تحقیق نیز، برای سنجش میزان اعتبار طبقه‌بندی انجام‌شده، پارامترهای زیر براساس ماتریس خطا محاسبه شد.

دقت کلی: از نسبت پیکسل‌های به‌درستی طبقه‌بندی‌شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده به دست می‌آید؛

ضریب کاپا: تکنیک چندمتغیره گسسته‌ای است که اگر یک ماتریس خطا تفاوت معنی‌داری با دیگری داشته باشد، در ارزیابی صحت برای تصمیم‌گیری‌های آماری، به کار می‌رود.

۴-۳- آشکارسازی تغییرات و بررسی پوشش زمین

این عملیات در محیط نرم‌افزار Terrset انجام شد و با ورود تصاویر رستری آماده‌شده از نقشه‌های پوشش زمین و مقایسه آنها در دو بازه ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۱ و ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸، تغییرات رخ داده در پوشش اراضی شهرستان ورزقان آشکارسازی شد.

۲۵۵-۰ تبدیل می‌شوند. اما در مورد تصویر سال ۱۳۹۸ که از ماهواره لندست ۸ استخراج شده است، با توجه به وجود باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک پانزده متر در سنجنده TIRS از این ماهواره، از عملیات تلفیق باندها (Fusion) استفاده شد و ضمن آن، قدرت تفکیک باندهای Multispectral از سی متر به پانزده متر ارتقا یافت که خود سبب بهبود و بارزسازی بهتر تصویر شد.

۴-۱-۴- تصحیح هندسی

امروزه تصاویر ماهواره‌ای لندست دارای یک‌سری تصحیحات، از جمله تصحیح هندسی و معمولاً زمین مرجع‌اند. در این تحقیق، به دلیل استفاده از سه سری تصویر متعلق به لندست ۵ و ۸ و ارتقای قدرت تفکیک مکانی لندست ۸ به پانزده متر و همچنین نیاز به انطباق آن با تصاویر لندست ۵ با قدرت تفکیک سی متر، تصحیح هندسی در نرم‌افزار ENVI به روش تصویر به تصویر^۱ انجام شد. خلاصه این روش عبارت است از تغییر سیستم مختصات اجزای سازنده تصویر و انطباق آن با تصویری که پیش‌تر روی آن تصحیح هندسی صورت گرفته است. پس از عملیات آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای، این تصاویر را پردازش کردیم که شامل موارد زیر می‌شود.

۴-۲- طبقه‌بندی

در این تحقیق، طبقه‌بندی تصویر از نوع نظارت‌شده است و براساس روش حداکثر احتمال صورت می‌گیرد. پیکسل‌های منتخب از طریق مقایسه مقادیر و مشخصات طیفی هر پیکسل با مشخصات از پیش تعیین‌شده به دست می‌آید.

۴-۲-۱- نمونه‌گیری

نمونه‌های آموزشی طی دو مرحله از عملیات میدانی جمع‌آوری می‌شود. مرحله اول پیش از طبقه‌بندی است؛ در این مرحله، جمع‌آوری نمونه‌ها برای شناخت محدوده مورد مطالعه و همچنین به دست آوردن نمونه‌های آموزشی مورد نیاز به منظور طبقه‌بندی انجام

1. Image to Image

۴-۴- محاسبه متریک‌های کیفی و کمی و سیمای سرزمین

متریک‌های سرزمین ابزارهایی به‌منظور اندازه‌گیری کمی‌سازی و بیان وجه‌های گوناگون الگوی سیمای سرزمین در هر لحظه از زمان‌اند. پیش از تجزیه و تحلیل سیمای سرزمین، باید داده‌ها آماده‌سازی شوند. در این مطالعه، قبل از ورود داده‌ها به نرم‌افزار Fragstats، عملیات مورد نیاز آماده‌سازی داده در محیط نرم‌افزار Terrset با توجه به کیفیت رستری بودن داده‌ها، روی نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده پوشش زمین شهرستان ورزقان انجام شد. متریک‌های کیفی نیز در همین نرم‌افزار تهیه شد.

۵- یافته‌های تحقیق

طبق عناوین و فرایندهای ذکرشده در مرحله پیشین، یافته‌های ذیل حاصل شد.

۵-۱- پوشش زمین

همان‌گونه‌که در روش تحقیق بیان کردیم، پس از عملیات آماده‌سازی یا همان پیش‌پردازش و طی عملیات پردازش، پوشش زمین براساس شش کلاس (پوشش گیاهی متراکم، پوشش گیاهی متوسط، پوشش

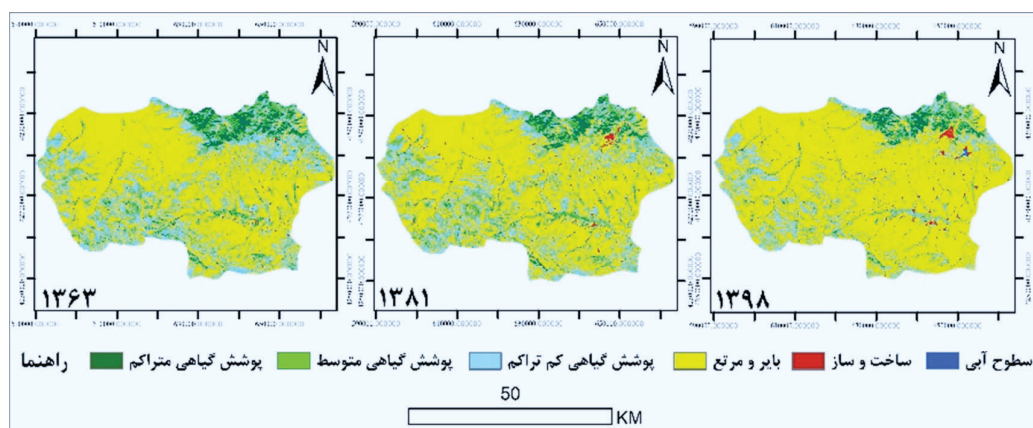
گیاهی کم‌تراکم، اراضی بایر و مرتع، ساخت‌وساز، سطوح آبی) طبقه‌بندی شد؛ بدین ترتیب نقشه پوشش زمین، در سطح شهرستان ورزقان در سال‌های مورد مطالعه تهیه شد و مساحت هر یک از کلاس‌ها نیز به‌دست آمد که در جدول ۲ و ۳ درج شده است.

ارزیابی صحت طبقه‌بندی انجام‌شده طی مرحله پس‌پردازش، براساس دو فاکتور که صحت طبقه‌بندی نقشه را نشان می‌دهند، صورت گرفت.

از مهم‌ترین فاکتورهایی که در گام اول، در ماتریس خطا مورد توجه قرار می‌گیرد دقت کلی^۱ است. با توجه به محاسبات برای اعتبارسنجی و ارزیابی صحت طبقه‌بندی، به‌ویژه ضریب کاپا، مشاهده می‌شود که طبقه‌بندی با دقت نسبتاً بالایی انجام شده و از اعتبار مطلوبی برخوردار است.

۵-۲- آشکارسازی تغییرات

بر این اساس، نقشه طبقه‌بندی حاصل از تصاویر سال‌های مورد نظر وارد محیط نرم‌افزار Terrset شد و تحلیل آشکارسازی تغییرات روی آن انجام شد.

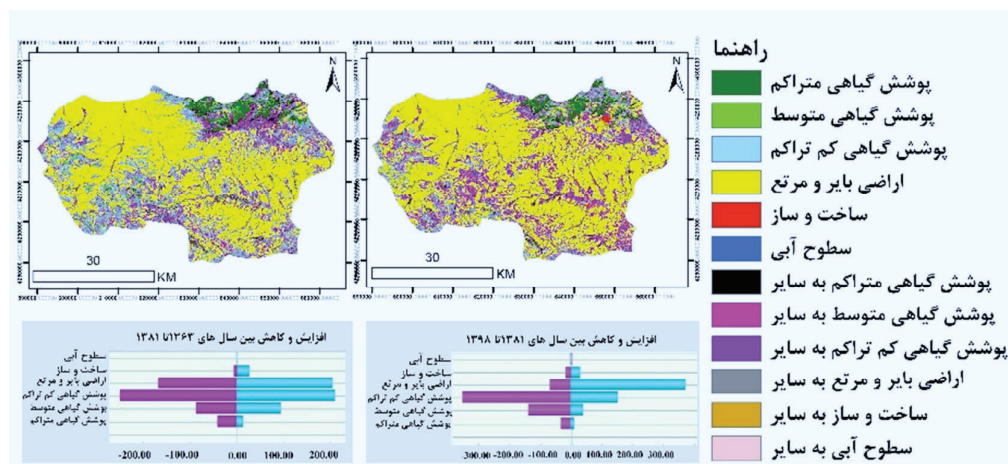


شکل ۲. نقشه‌های پوشش زمین در سطح کل شهرستان

1. Overall Accuracy

جدول ۱. سنجش اعتبار کل

سال	دقت کلی	ضریب کاپا
۱۳۶۳	۹۵٪/۸۰۰۴	۰/۹۴۹۶
۱۳۸۱	۹۵٪/۰۴۱۷	۰/۹۴۰۵
۱۳۹۸	۹۹٪/۰۰۰۰	۰/۹۸۸۰



شکل ۳. نقشه‌های تغییرات پوشش زمین

جدول ۲. نسبت تغییرات در بازه ۱۳۶۳-۱۳۸۱

	پوشش گیاهی متراکم	پوشش گیاهی متوسط	پوشش گیاهی کم تراکم	اراضی بایر و مرتع	ساخت و ساز	سطوح آبی
پوشش گیاهی متراکم	۷۹۴۴/۲۱	۱۱۰۳/۶۷	۲۸۷/۷۳	۶۹/۳	۳/۴۲	۰
پوشش گیاهی متوسط	۳۳۳۷/۷۴	۱۰۰۴۸/۰۵	۵۳۳۲/۵	۸۴۶/۴۵	۳۱/۰۵	۰/۰۹
پوشش گیاهی کم تراکم	۵۴۷/۳۸	۶۳۵۵/۴۴	۳۴۸۱۸/۳	۱۴۱۱۱/۷۳	۱۱۳/۷	۲/۷
اراضی بایر و مرتع	۱۷۶/۷۶	۱۱۰۹/۷	۱۸۸۳۳/۸۵	۱۱۸۴۷۷/۰۸	۵۳۹/۰	۰/۹
ساخت و ساز	۱۴۰/۳۱	۱۶۳/۸	۵۵۳/۵	۱۸۳۱/۳۲	۸۸۲/۷	۰
سطوح آبی	۰	۶/۳۹	۶/۵۷	۱/۴۴	۰	۰

جدول ۳. نسبت تغییرات در بازه ۱۳۸۱-۱۳۹۸

	پوشش گیاهی متراکم	پوشش گیاهی متوسط	پوشش گیاهی کم تراکم	اراضی بایر و مرتع	ساخت و ساز	سطوح آبی
پوشش گیاهی متراکم	۶۰۹۶/۶۹	۱۰۳۹/۵۹	۱۰۴/۴۹	۱۹/۷۱	۳/۴۲	۰
پوشش گیاهی متوسط	۲۲۴۷/۳۹	۵۵۵۱/۹۲	۱۵۴/۶۷	۲۶۴/۹۶	۵۳/۶۴	۰
پوشش گیاهی کم تراکم	۸۷۰/۳	۹۹۵۴/۲۷	۲۰۸۳۵/۱۸	۴۵۱۳/۵	۲۵۵/۹۹	۲/۷
اراضی بایر و مرتع	۱۶۷/۲۲	۲۸۵۰/۲۱	۳۳۷۶۶/۶۶	۱۳۲۰۹۶/۰۶	۱۶۵۷/۱۷	۰/۹
ساخت و ساز	۲۰/۷	۱۶۳/۲۳	۶۷۲/۹۳	۲۰۴۵/۳۴	۱۶۲۱/۰۸	۰
سطوح آبی	۰/۷۲	۲۹/۲۵	۹۲/۶۱	۱۵۴/۶۲	۱۰/۹۸	۱۴/۳۱

۵-۳- متریک‌های سیمای سرزمین

متریک‌های کمی اندازه‌گیری شده در نرم‌افزار Fragstats شامل متریک‌های زیر می‌شود که در ادامه، در جدول ۴ آمده است.

تعداد لکه (NP)^۱: معرف تعداد لکه‌های هر کلاس در سطح کل است؛

میانگین مساحت لکه (MPA)^۲: معرف اندازه میانگین مساحت لکه‌های یک کلاس در سطح سیماست؛

نسبت بزرگ‌ترین اندازه لکه به کل سیمای (LPI)^۳: نسبت بزرگ‌ترین لکه از یک کلاس را به کل مساحت سیمای سرزمین نشان می‌دهد و $0 \leq LPI \leq 100$ ؛

شاخص شکل چشم‌انداز (LSI)^۴: نسبت طول کل لبه‌های لکه در هر کلاس به کل مساحت سیمای، از جمله شاخص‌های شکل که افزایش آن نشان‌دهنده پیچیدگی شکل چشم‌انداز است و برعکس؛

شاخص میانگین وزن منطقه (AWMSI)^۵: متوسط شاخص وزنی شکل لکه به اندازه نسبی لکه. افزایش این شاخص نیز نشان‌دهنده پیچیدگی شکل چشم‌انداز است و برعکس؛

درصد چشم‌انداز (PLAND)^۶: درصد اشغال هر کلاس در کل سیماست.

جدول ۴. شاخص‌های کمی محاسبه‌شده در نرم‌افزار Fragstats

پوشش زمین	سال	NP	MPA	LPI	LSI	AWMSI	PLAND
پوشش گیاهی متراکم	۱۳۶۳	۱۷۸۶	۶/۸۲۱	۰/۷۱۶۸	۴۹/۸۶۲۶	۵/۹۶۵۶	۳/۵۹۸۱
	۱۳۸۱	۱۵۴۰	۶/۱۰۹۴	۰/۴۷۴۸	۴۸/۰۰۷۷	۴/۳۸۳۸۷	۲/۷۸۶۶
	۱۳۹۸	۱۷۱۳	۴/۲۴۲۹	۰/۴۸۱۳	۴۴/۹۴۷۳	۷/۰۴۱۳	۲/۱۵۲۷
پوشش گیاهی متوسط	۱۳۶۳	۵۳۹۵	۳/۴۸۳۴	۰/۰۹۸۷	۱۲۵/۶۹۵۸	۳/۸۷۷۶	۵/۵۶۶
	۱۳۸۱	۵۱۶۳	۳/۷۶۶۲	۰/۱۳۱	۱۲۲/۱۴۴۵	۴/۰۹۰۵	۵/۸۰۵۱
	۱۳۹۸	۷۴۴۶	۱/۲۸۶۴	۰/۰۶۹۵	۱۲۸/۵۷۷۳	۳/۹۷۱۳	۲/۸۲۷۱
پوشش گیاهی کم‌تراکم	۱۳۶۳	۶۵۷۶	۹/۱	۳/۱۳۸۷	۱۶۱/۰۹۶۹	۲۱/۱۵۱۶	۱۷/۷۲۳۷
	۱۳۸۱	۸۱۷۹	۶/۸۴۱۶	۰/۸۶۷۳	۱۷۷/۰۹۲۵	۱۱/۳۵۰۳	۱۶/۵۷۳۳
	۱۳۹۸	۱۴۵۳۱	۲/۵۰۶۷	۰/۶۲۹۷	۱۹۱/۲۲۳۹	۹/۴۲۷۳	۱۰/۷۸۷۴
اراضی بایر و مرتع	۱۳۶۳	۲۸۳۴	۴۷/۷۵۶۶	۳۵/۳۸۸	۷۹/۶۵۳۱	۵۰/۷۳۳	۴۰/۰۸۵۳
	۱۳۸۱	۲۸۵۹	۴۸/۶۸۰۸	۳۶/۳۶۴۳	۸۹/۷۷۷۶	۶۰/۷۷۵۲	۴۱/۱۲۳۱
	۱۳۹۸	۴۵۱۲	۳۷/۵۹۱۴	۴۸/۱۱۷۷	۷۸/۳۲۱۲	۶۲/۱۲۰۹	۵۰/۲۳۵۴
ساخت‌وساز	۱۳۶۳	۲۰۳	۷/۷۳۳۸	۰/۰۳۸۴	۳۴/۴۲۴۵	۵/۲۳۱۷	۰/۴۶۵
	۱۳۸۱	۳۹۱	۹/۱۳۶۷	۰/۱۲۸۴	۵۰/۷۵۶۹	۶/۳۰۱	۱/۰۵۸۱
	۱۳۹۸	۹۶۰	۴/۷۱۵۳	۰/۱۴۷۹	۷۹/۹۹۷۸	۶/۱۵۸۱	۱/۳۴۰۷
سطوح آبی	۱۳۶۳	۱	۳/۶۹	۰/۰۰۱۱	۱/۶۱۵۴	۱/۶۱۵۴	۰/۰۰۱۱
	۱۳۸۱	۲	۷/۲	۰/۰۰۴۱	۱/۵۳۸۵	۱/۲۸۲۳	۰/۰۰۴۸
	۱۳۹۸	۲۱	۱۴/۴۰۴۳	۰/۰۵۷۶	۴/۹۴۸۳	۲/۴۸۲۷	۰/۰۸۹۶

1. Number of Patches
2. Mean Patch Area
3. Largest Patch Index
4. Landscape Shape Index
5. Area Weighted Mean Shape Index
6. Percentage of landscape

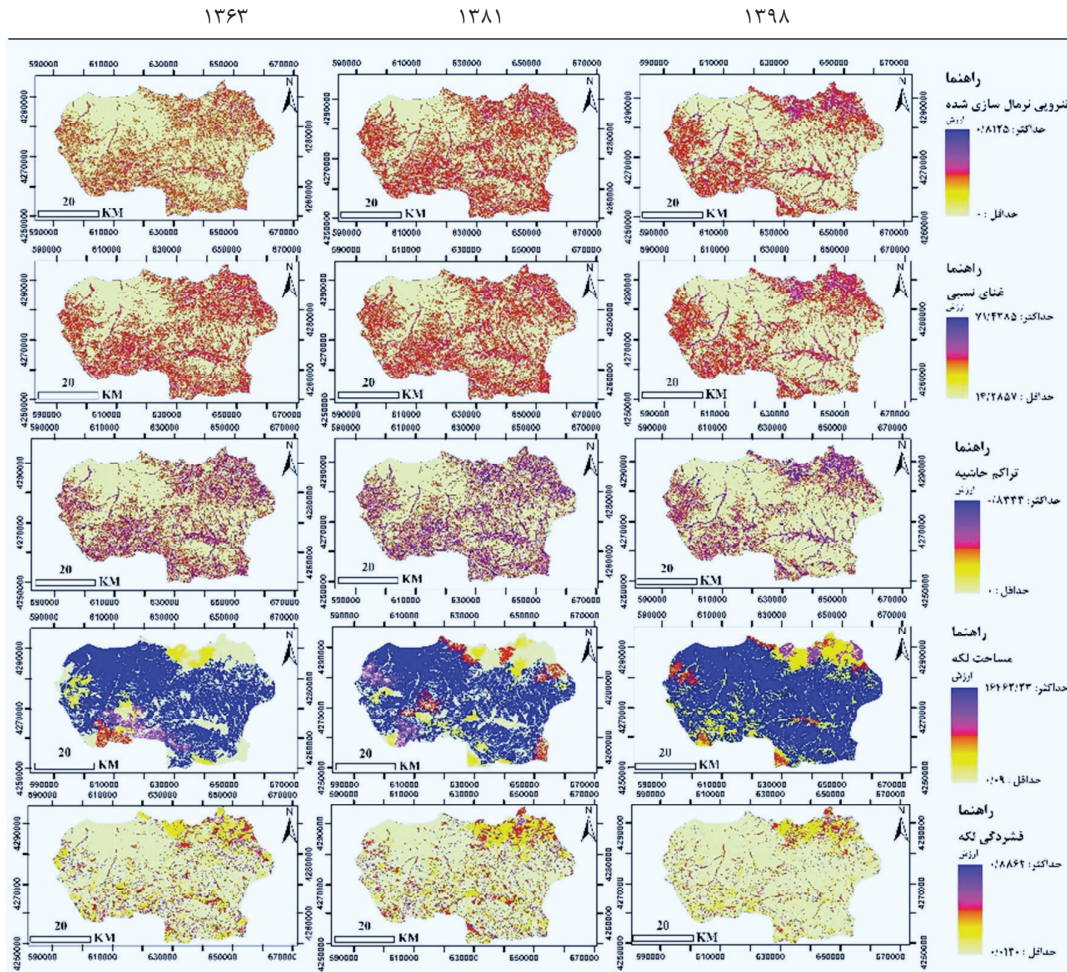
۳) تراکم حاشیه: شاخص مهمی در نمایش ناهمگنی در سطح سیماست و افزایش آن پاره‌پاره‌شدگی اکوسیستم را می‌رساند؛
 ۴) شاخص مساحت لکه: معرف سطح لکه‌های اشغال شده از هر کلاس در هکتار است؛
 ۵) فشردگی لکه: ساختار لکه برحسب تراکم در سیما را نشان می‌دهد.
 با توجه به اندازه تمامی لکه‌ها در شاخص‌های کیفی مذکور، در پایان، میانگین عددی شاخص‌های کیفی لکه‌ها نیز محاسبه شد تا تفسیری از نقشه‌های محاسبه شده شکل ۴ باشد.

۴-۵- محاسبه شاخص‌های سیمای سرزمین به صورت کیفی در نرم‌افزار TerrSet
 در این تحقیق، پنج شاخص کیفی سیمای سرزمین را در نرم‌افزار Terrset محاسبه کردیم که شامل این موارد می‌شود:
 ۱) آنتروپی نرمال‌سازی شده: همان‌گونه که از اسم آن پیداست، بی‌نظمی بین لکه‌های هر کلاس را نشان می‌دهد. با افزایش تعداد لکه، مقدار آن افزایش می‌یابد و از یکنواختی پوشش درون همسایگی کاسته می‌شود؛
 ۲) غنای نسبی: بیشترین تعداد لکه در واحد همسایگی در سطح سیما را مشخص می‌کند؛

جدول ۵. معرفی متریک‌های کیفی سیمای سرزمین

نام	تعریف	واحد	دامنه تغییر	فرمول
آنتروپی نرمال‌سازی شده ^۱	آنتروپی Shannon که از طریق حداکثر آنتروپی برای تعداد کلاس‌های پوشش اراضی مربوطه نرمال‌سازی شده است	تعداد	$0 < NE < 1$	$E = -(p * (p)) / \ln(n)$ $p =$ سهم هر کلاس درون همسایگی $n =$ تعداد کلاس‌ها
غنای نسبی ^۱	نسبت تعداد طبقات متفاوت در واحد همسایگی به حداکثر تعداد طبقات	درصد	$0 \leq RR \leq 100$	$R = n / n_{max} * 100$ $n =$ تعداد کلاس‌های حاضر در همسایگی $n_{max} =$ بیشترین تعداد کلاس‌های ممکن
تراکم حاشیه ^۱	تعداد جفت پیکسل‌های مجاور متفاوت در همسایگی	تعداد هکتار	$ED \geq 0$	$ED = \sum_{k \neq j} ik$ $ik =$ طول کل حاشیه‌های لکه‌های یک کلاس $A =$ مساحت کل سیمای سرزمین
مساحت لکه ^۱	اراضی به صورت یک لکه محاسبه می‌شود. وسعت آنها و خروجی تصویری است که هر پیکسل آن سطح لکه‌ای را نشان می‌دهد که به آن تعلق دارد	هکتار	$Area > 0$	-
فشردگی لکه ^۱	گروه‌بندی پیکسل‌های مجاور متعلق به یک کلاس پوشش اراضی به صورت یک لکه محاسبه تراکم آنها و خروجی تصویری است که هر پیکسل آن نشان‌دهنده تراکم لکه‌ای است که به آن تعلق دارد	تعداد لکه در صد هکتار	$PC > 0$	$C = \sqrt{AP/AC}$ $SQRT =$ تابع ریشه دوم $AP =$ مساحت لکه‌های یک کلاس $AC =$ مساحت دایره‌ای که محیطی برابر با $AC =$ با لکه دارد

ارزیابی تغییرات اکولوژیکی و تحلیل الگوهای حاکم بر چشم‌انداز



شکل ۴. نقشه‌های متریک‌های کیفی سیمای سرزمین

جدول ۶. میانگین محاسبه‌شده شاخص‌های کیفی

پوشش زمین	سال	میانگین آنترویی نرمال‌سازی‌شده	میانگین غنای نسبی	میانگین تراکم حاشیه	میانگین مساحت لکه	میانگین فشرده‌گی لکه
پوشش گیاهی متراکم	۱۳۶۳	۰/۱۳۸۳۵۶	۲۱/۵۷۱۲۳	۰/۱۶۶۲۲۹	۹۵۳/۴۷۵۶	۰/۲۵۶۵۶۱
	۱۳۸۱	۰/۱۵۰۲۶۶	۲۲/۱۹۳۴۳	۰/۱۸۱۱۷۵	۴۶۰/۵۰۹۲	۰/۲۹۶۹۶۳
	۱۳۹۸	۰/۱۵۶۷۶۸	۲۳/۱۳۴۱۳	۰/۱۹۴۸۳۲	۷۴۷/۲۷۳۱	۰/۲۰۸۵۳۷
پوشش گیاهی متوسط	۱۳۶۳	۰/۲۶۹۰۰۳	۲۸/۲۷۱۲۲	۰/۳۱۴۴۰۲	۴۴/۷۶۵۵۳	۰/۳۴۵۴۰۵
	۱۳۸۱	۰/۲۵۸۳۲۶	۲۷/۸۵۶۴۸	۰/۳۰۴۷۱۴	۵۹/۰۸۴۶۴	۰/۳۳۵۷۷۴
	۱۳۹۸	۰/۳۳۸۳۲۸	۳۲/۶۶۱۲۳	۰/۴۰۸۳۴۶	۲۹/۷۱۳۴۲	۰/۳۵۲۳۳۱
پوشش گیاهی کم‌تراکم	۱۳۶۳	۰/۱۹۵۵۰۵	۲۴/۴۲۱۸۹	۰/۲۲۸۲۲۴	۳۱۸۶/۲۹۵	۰/۱۵۴۴۴۳
	۱۳۸۱	۰/۲۱۹۱۱۳	۲۵/۵۷۴۸۷	۰/۲۵۵۵۱۷	۷۳۹/۲۸۵۳	۰/۱۹۸۱۵۸
	۱۳۹۸	۰/۲۵۷۵۴۸	۲۷/۸۹۲۵۳	۰/۳۱۲۸۶۱	۳۵۵/۴۳۳۵	۰/۲۱۸۲۵۱
اراضی بایر و مرتع	۱۳۶۳	۰/۰۶۷۴۱۲	۱۷/۸۱۹۶۱	۰/۰۸۰۶۵۳	۱۰۶۱۰۶/۸	۰/۰۴۶۳۵۷
	۱۳۸۱	۰/۰۷۵۵۸۵	۱۸/۲۶۵۷۷	۰/۰۹۰۳۸۸	۱۰۷۸۵۲/۵	۰/۰۴۱۱۵۳
	۱۳۹۸	۰/۰۵۷۴۹۵	۱۷/۴۴۶۸۵	۰/۰۷۱۸۴۹	۱۵۶۵۴۱/۴	۰/۰۲۳۸۵

ادامه جدول ۶. میانگین محاسبه شده شاخص های کیفی

پوشش زمین	سال	میانگین آنروپی نرمال سازی شده	میانگین غنای نسبی	میانگین تراکم حاشیه	میانگین مساحت لکه	میانگین فشرده گی لکه
ساخت و ساز	۱۳۶۳	۰/۲۶۳۰۳۱	۲۷/۷۵۷۴	۰/۳۰۵۵۹۴	۴۲/۸۱۸۱۸	۰/۳۴۸۰۴۶
	۱۳۸۱	۰/۲۶۱۰۳۱	۲۷/۶۴۰۰۲	۰/۳۰۲۴۹۵	۱۰۹/۰۳۷۲	۰/۲۵۰۲۲۲
	۱۳۹۸	۰/۳۰۶۴۲۸	۲۹/۹۴۶۱۵	۰/۳۷۵۴۴۲	۸۷/۶۵۷۷	۰/۲۱۲۸۵۵
سطوح آبی	۱۳۶۳	۰/۲۶۶۷۲۳	۲۸/۲۲۳	۰/۲۹۷۷۶۴	۳/۶۹	۰/۵۴۰۴۴
	۱۳۸۱	۰/۱۳۶۳۱۹	۲۱/۵۱۷۸۶	۰/۱۷۲۴۸۳	۱۳/۱۹۵۱۳	۰/۶۸۰۷۹۸
	۱۳۹۸	۰/۰۸۹۶۵	۱۹/۰۰۳۷	۰/۱۰۳۴۲۹	۱۳۸/۹۲۰۹	۰/۳۷۴۲۹۱

۶- بحث و نتیجه گیری

نشان دهنده تخریب و از بین رفتن بیشتر در قیاس با سایر کلاس هاست. عواملی همچون خشکسالی و کاهش نزولات جوئی و افزایش ساخت و ساز از دلایل مهم این مسئله محسوب می شود. در کلاس های بایر و مرتع، ساخت و ساز و سطوح آبی در هر دو دوره، با افزایش شاخص NP همراه بوده است. میزان شاخص MPA در آن نیز، بر حسب انفصال و اتصال لکه ها، متغیر بوده و حاصل از بین رفتن و تخریب سطوح پوشش گیاهی به نفع آنهاست.

محاسبات شاخص LPI در سطح کلاس نیز نشان می دهد همواره بزرگ ترین لکه، در طول سه دوره، به کلاس بایر و مرتع تعلق داشته است. این شاخص، در دو کلاس پوشش گیاهی متوسط و پوشش گیاهی کم تراکم، در بازه اول افزایش و در بازه دوم کاهش یافته است. در بازه اول، فرایند اتصال لکه ها و در بازه دوم فرایند انفصال رخ داده است. در مورد پوشش گیاهی متراکم، به طور متناوب، فرایند انفصال رخ داده و در سه کلاس بایر و مرتع، ساخت و ساز، و سطوح آبی نیز فرایند اتصال بر لکه ها حاکم بوده است.

شاخص LSI نشان دهنده فرایند تغییر شکل لکه های یک کلاس است و افزایش آن بیان می کند بیشتر لکه های هر کلاس محیطی بیشتر از مساحت و کشیدگی و گسترش در جهات گوناگون جغرافیایی دارند. نتایج نشان می دهد نامنظم بودن شکل لکه ها در بازه اول، افزایش و در بازه دوم، کاهش یافته است و

بر اساس نتایج حاصل از آشکار سازی تغییرات، در دو بازه زمانی سال های ۱۳۶۳-۱۳۸۱ و ۱۳۸۱-۱۳۹۸، پوشش های گیاهی در هر سه سطح، به ویژه در بازه دوم، رشد منفی داشته و در مقابل، بر پوشش کلاس اراضی بایر و مرتع، ساخت و ساز و سطوح آبی افزوده شده است. نتایج متریک های کمی نشان می دهد که شاخص NP، در کلاس پوشش گیاهی متراکم در بازه اول، کاهش و در بازه زمانی دوم، افزایش داشته که با توجه به شاخص MPA که در بازه اول افزایشی و در بازه دوم کاهش است، کوچک شدن لکه ها و انفصال آنها در طول بازه دوم را نشان می دهد. از دلایل آن می توان به قطع کردن درختان، عبور جاده از میان این اراضی و تخریب آن به نفع ساخت و ساز اشاره کرد. کلاس پوشش گیاهی متوسط، در بازه اول، دارای شاخص MPA بیشتری است؛ در حالی که میزان شاخص NP در آن کاهش یافته است. این مسئله اتصال لکه های این کلاس را نشان می دهد. از دلایل آن می توان به تبدیل اراضی با پوشش گیاهی متراکم به اراضی با پوشش گیاهی متوسط اشاره کرد که سبب یکپارچگی این کلاس شده است. در بازه دوم نیز، با کاهش شدید شاخص MPA همراه با افزایش شایان توجه NP روبه رو شدیم که تقسیم لکه به قطعات کوچک تر و انفصال میان آنها را نشان می دهد. در کلاس پوشش گیاهی کم تراکم نیز، به طور متناوب در هر دو بازه زمانی، میزان شاخص MPA کاهش و شاخص NP افزایش یافته که

پوشش گیاهی به دلیل پاره‌پاره شدن، در مجموع، میزان آن کاهش یافته زیرا تعداد لکه و افزایش مساحت کلاس اراضی بایر و مرتع که سهم عمده‌ای در چشم‌انداز دارد، با کاهش مواجه بوده است. شاخص مساحت لکه پیکسل‌های مجاور را گروه‌بندی می‌کند و خروجی آن تصویری است که در آن هر پیکسل سطحی را نشان می‌دهد که هر لکه به آن تعلق دارد. طبق مقایسه تصویری خروجی و جدول، کاهش این شاخص به سبب وجود تعداد لکه‌های بیشتر در سطح کمتر و افزایش آن به علت قرارگرفتن تعداد لکه‌های کمتر در سطح بیشتر است. افزایش این شاخص، در کلاس اراضی بایر و مرتع نیز توسعه و یکپارچگی این کلاس را بیان می‌کند. علت افزایش شاخص مساحت لکه در پوشش گیاهی متراکم، در بازه اول، قطعه‌قطعه شدن آن است که در ابتدا، سطح بیشتری را به خود اختصاص داده است. نتیجه آن در شاخص فشردگی لکه نیز نمایان است؛ به این صورت که لکه‌ها کوچک‌تر و فشردتر شده است. در بازه دوم، به دلیل ازبین‌رفتن لکه‌ها، در هر دو شاخص مساحت و فشردگی کاهش دیده می‌شود. شاخص فشردگی در گروه شاخص‌های آرایش فضایی قرار دارد و ساختار سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. روند کاهشی این شاخص، در کلاس بایر و مرتع و سطوح آبی، نشان‌دهنده وسعت مساحت لکه‌های آنهاست که حاصل فشرد شدن لکه‌های سایر کلاس‌ها محسوب می‌شود. بیشترین تغییرات به کلاس‌های پوشش گیاهی، به‌ویژه در سطح کم‌تراکم و در بازه زمانی دوم تعلق دارد که علاوه بر کاهش مساحت، شامل افزایش تعداد لکه‌ها نیز می‌شود و بیشترین سهم را در تبدیل شدن به اراضی بایر و مرتع داراست. دو متریک کمی تعداد لکه و درصد چشم‌انداز نیز، در مقایسه با متریک‌های کمی و شاخص مساحت لکه و فشردگی لکه، تغییرات و الگوهای حاکم بر سیمای سرزمین را بسیار مطلوب‌تر نشان می‌دهند.

لکه‌ها فضای کمتری را به خود اختصاص می‌دهند. طبق مقایسه شاخص AWMSI با دو شاخص LPI و LSI چنین به نظر می‌رسد که در شاخص شکل LSI، محیط لکه دارای اهمیت است و در AWMSI، مساحت لکه‌ها اهمیت دارد؛ در واقع، هر چه لکه کپه‌ای‌تر باشد، میزان این شاخص افزایش می‌یابد.

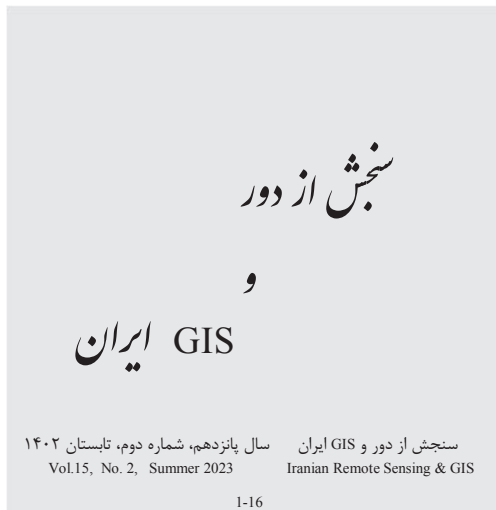
شاخص PLAND به درصد تخصیص هر کلاس در سطح چشم‌انداز اشاره دارد و بیش از سایر متریک‌ها را به شناخت سیما رهنمون می‌کند. با توجه به جدول، فقط در بازه اول، درصد چشم‌انداز پوشش گیاهی متوسط افزایش داشته و در طول هر دو بازه، دو پوشش گیاهی دیگر کاهش و اراضی بایر و مرتع و سطوح آبی افزایش داشته‌اند. محاسبات حاصل از شاخص‌های کیفی نشان می‌دهد کلاس‌های دارای آنتروپی زیاد سبب ایجاد بی‌نظمی بیشتر در الگوی سیمای سرزمین می‌شود. این بی‌نظمی با تعداد و تنوع لکه‌ها رابطه مستقیم دارد. این شاخص، در هر سه کلاس پوشش گیاهی در دو بازه، افزایش داشته است که بیان می‌کند بیشترین تغییرات الگوی سیما ناشی از آن است و سایر کلاس‌ها را نیز دستخوش تغییر کرده است. شاخص غنای نسبی که بیانگر بیشترین تعداد لکه در واحد همسایگی در سطح سیماست نیز، همچون شاخص آنتروپی نرمال، افزایش آن علاوه بر تعداد لکه‌ها به نزدیکی لکه‌ها به یکدیگر نیز وابسته است. کاهش آن در سه کلاس اراضی بایر، ساخت‌وساز و سطوح آبی نشان‌دهنده یکپارچگی بیشتر در سطوح این کلاس‌هاست.

شاخص تراکم حاشیه حاصل طول کل حاشیه‌های لکه‌های یک کلاس بر مساحت کل سیمای سرزمین است. این شاخص، در نمایش پاره‌پاره شدن اکوسیستم، اهمیت بسیاری دارد و میزان آن با درجه ناهمگنی سیمای سرزمین مرتبط است. افزایش آن به معنی افزایش تعداد و گسترش لکه‌ها در جهات متفاوت منطقه مورد مطالعه است. مقایسه جدول و نقشه آن نشان می‌دهد، با وجود افزایش میزان آن در سه کلاس

۷- منابع

- Abu Hammad, A. & Tumeizi, A., 2012, **Land Degradation: Socioeconomic and Environmental Causes and Consequences in the Eastern Mediterranean**, Land Degradation and Development, 23(3), PP. 216-226.
- Ahmadi Mirghaed, F., Mohammadzadeh, M., Salman Mahini, A. & Mirkarimi, S.H., 2016, **Integrating Visual and Environmental Elements Using Fuzzy and Multi Criteria Evaluation Methods for Aesthetic Quality Assessment of Gharahsoo Watershed, Golestan Province**, Journal of RS and GIS for Natural Resources, 7(3), PP. 46-60.
- Akbari, H. & Kalbi, S., 2019, **Modeling the Diversity of Tree Species in Circular Forest Forests Using GeoEye Images (Case Study: Sari Gardeshi Series)**, Journal of Wood and Forest Science and Technology, 26(2), P. 51-62.
- Alan, B., Noon, R. & George, T.L., 2002, **What Is Habitat Fragmentation**, Study in Avian Biology, 25(20), P. 29.
- Alipour, E., Khaleghi, A. & Talebifard R., 2016, **Analysis of Tourism Development Capabilities City Varzeqan**, Journal of Man and Environment, 1(1), PP. 97-118.
- Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M. & van Etten, E.J., 2012, **Do Eucalypt Plantations Provide Habitat for Native Forest Biodiversity?**, Forest Ecology and Management, 270, PP. 153-162.
- De Montis, A., Martín, B., Ortega, E., Ledda, A. & Serra, V., 2017, **Landscape Fragmentation in Mediterranean Europe: A Comparative Approach**, Land Use Policy, 64, PP. 83-94.
- Dinka, M.O. & Chaka, D.D., 2019, **Analysis of Land Use/Land Cover Change in Adei Watershed, Central Highlands of Ethiopia**, Journal of Water and Land Development, 41, PP. 146-153.
- Faraji sabokbar, H., Motiee langroodi, S.H., Yadollahi farsi, J. & karimzadeh, H., 2012, **Ranking the Development of Tourism and its Backgrounds in Rural Areas, Using Gray Topsis (Case Study: Rrual Areas of Varzaghan Township)**, Journal of Rural Research, 3(9), PP. 1-24.
- General population and housing census, 2015, Iran Statistics Center.
- Gorgani, M., Varasteh Moradi, H., & Rezaei, H., 2013, **Investigation of density and diversity indicators of the bird community in natural and hand-planted forests in the non-breeding season, the second environmental planning and management conference**, Tehran, <https://civilica.com/doc/147523>
- Hafezzadeh, M., 1997, **Arsbaran in the Passage of History and Epics**, Vol. 1, Tabriz, Mohammad Azadi Publications.
- Hunter, M.L., 1990, **Wildlife, Forests, and Forestry: Principle of Managing Forests for Biological Diversity**, Audubon Field Notes, 24, PP. 722-726.
- Koopman, K.R., Straatsma, M.W., Augustijn, D.C.M., Breure, A.M., Lenders, H.J.R., Stax, S.J. & Leuven, R.S.E.W., 2018, **Quantifying Biomass Production for Assessing Ecosystem Services of Riverine Landscapes**, Science of The Total Environment, 624, PP. 1577-1585.
- Lam, N.S.N., Cheng, W., Zou, L. & Cai, H., 2018, **Effects of Landscape Fragmentation on Land Loss**, Remote Sensing of Environment, 209, PP. 253-262.
- Leite, A., Caceres, A., Melo, M., Mills, M.S.L. & Monteiro, A.T., 2018, **Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Angola: Insights from the Scarp Forest Conservation 'Hotspot'**, Land Degradation and Development, 29, PP. 4291-4300.
- Lillesand, T.M., **Remote Sensing and Image Interpretation**, 4th ed and Sons, inc. USA 2001, ISBN: 0471255157.
- Matthews, T.J., Cottee-Jones, H.E. & Whittaker, R.J., 2014, **Habitat Fragmentation and the Species–Area Relationship: A Focus on Total Species Richness Obscures the Impact of Habitat Loss on Habitat Specialists**, Diversity and Distributions, 20(10), PP. 1136-1146.

- Meade, M.S., 2014, **Medical Geography**, The Wiley Blackwell Encyclopedia of Health, Illness, Behavior, and Society, PP. 1375-1381.
- Nuri, M., 2004, **The Historical Face of Varzghan**, Tabriz: Prior Publications.
- Ouedraogo, I., Barron, J., Tumbo, S.D. & Kahimba, F.C., 2016, **Land Cover Transition in Northern Tanzania**, Land Degradation and Development, 27(3), PP. 682-692.
- Panahandeh, M. & Feyzi, S., 2020, **Analysis of Changes in the Scale of the Watershed Based on the Metrics and Spatial Patterns of the Landscape (Case Study: Anzali Watershed)**, Geography and Environmental Planning, 31(1), PP. 35-52.
- Partl, A., Vackar, D., Louckova, B. & Lorencova, E.K., 2017, **A Spatial Analysis of Integrated Risk: Vulnerability of Ecosystem Services Provisioning to Different Hazards in the Czech Republic**, Natural Hazards, 89(2), PP. 1185-1204.
- Paudyal, K., Baral, H., Bhandari, S.P., Bhandari, A. & Keenan, R.J., 2019, **Spatial Assessment of the Impact of Land Use and Land Cover Change on Supply of Ecosystem Services in Phewa Watershed, Nepal**, Ecosystem Services, 36(100895), PP. 1-49.
- Pouyan Jam, A., 2018, **The Application of Remote Sensing and GIS with the Aim of Evaluating Ecological Changes and their Impact on the Aesthetic Quality of Landscapes (Case Study of Varzeghan City)**, Master's thesis, University of Tabriz .
- Rahimi, E., Salman Mahini, A. & Soltanian, S., 2016, **A Comparison of Continuous and Discrete Indices in Measuring Gorgan Forest Landscape Fragmentation**, Journal of RS and GIS for Natural Resources, 7(3), PP. 30-45.
- Sabzghobai, Gh., Dashti, S., Jafarzadeh, K., Bazm-ara baleshti, M., 2016, **Evaluation of Urban Landscape Patterns to Measure the Effects of Urbanization on Landscape Structure (Case Study: Kermanshah City)**, Journal of Geography and Environmental Sustainability, 6(4), PP. 35-50.
- Saidi, Sep., Saidi, S., 2017, **Capturing Landscape Visual Characters Using Indicators: Touching Base with Landscape Aesthetic Theory**, Journal of Man and Environment, 15(2), PP. 71-91.
- Satayshi, F., Varasteh Moradi, H. & Salman Mahini, A., 2013, **Effects of the Size of Forest Patches on the Community of Birds, a Case Study: Gorgan**, National Conference of Environmental Sciences and Sustainable Development, Malayer, <https://civilica.com/doc/135947>.
- Wang, C., Wang, Y., Wang, R. & Zheng, P., 2018, **Modeling and Evaluating Land-Use/Landcover Change for Urban Planning and Sustainability: A Case Study of Dongying City, China**, Journal of Cleaner Production, 172, PP. 1529-1534.
- Wang, B., Li, Y., Wang, S., Liu, C., Zhu, G. & Liu, L., 2019, **Oasis Landscape Pattern Dynamics in Manas River Watershed Based on Remote Sensing and Spatial Metrics**, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 47, PP. 153-163.
- Zhang, Y., Liu, Y., Zhang, Y., Liu, Y., Zhang, G. & Chen, Y., 2018, **On the Spatial Relationship between Ecosystem Services and Urbanization: A Case Study in Wuhan, China**, Science of The Total Environment, 637-638, PP. 780-790.
- Zhang, X., Zhou, L. & Zheng, Q., 2019, **Prediction of Landscape Pattern Changes in a Coastal River Basin in South-Eastern China**, International Journal of Environmental Science and Technology, 16, P. 6376.



Assessing ecological change and analyzing patterns governing the landscape Case study: Varzeghan county

Pouyan Jam A.¹ and Mahmoudzadeh H.^{2*}

1. M.Sc. of Remote Sensing and Geographic Information System, University of Tabriz, Tabriz

2. Associate Prof., Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz

Abstract

The increase in urban population following migration from villages and sometimes the uneven development of villages and the transformation of villages into cities are problematic factors in the environmental structure of developing countries, resulting in ecological changes, especially the destruction of natural landscapes. And reducing them is in the interest of man-made landscapes and disrupting spatial patterns of natural cover. The purpose of this study is to evaluate the ecological changes and measure the patterns governing the landscapes of Varzeqan city using quantitative and qualitative metrics of land appearance in the years 1363, 1381, 1398. The nature of research is developmental-applied and descriptive-analytical. Data were collected through library studies and field studies to calculate the detection of changes, and to measure the quantitative and qualitative metrics of the landscape. After preparing the land cover maps in ENVI software environment, TerrSet software was used to calculate the detection of changes and quality indicators of the land appearance and Fragstats software was used to calculate quantitative metrics. The results showed that the most changes are related to vegetation classes, especially at low density level and in the second interval, which in addition to reducing the area, also includes increasing the number of spots. And has the largest share in becoming barren and pasture lands. Also, two quantitative metrics of spot number (NE) and landscape percentage (PLand) of quantitative metrics and patch area index and patch compactness (Patch Compactness) more favorably show the changes and patterns governing the appearance of a land. they give.

Keywords: Ecological changes, Landscape metrics, Fragstats, Varzeqan city.

* Correspondence Address: Dep. of Geography and Urban planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, 29 Bahman Boulevard, Tabriz, Postal Code: 5166616471. Tel: (+9841) 33392296, Fax: (+9841) 3356013

Email: mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0001-5465-1114>

<https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.102331>



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).