

ارائه روشی برای کمی سازی تغییرات آشفته‌گی مکانی بر پایه سنجه‌های

سیمای سرزمین (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده ارسباران در دوره

زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۳)

وحید نصیری^۱؛ ماهان قربانی^۱ و علی اصغر درویش صفت^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- استاد گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۸/۰۸/۲۴-تاریخ پذیرش ۹۸/۱۰/۲۳)

چکیده:

آشفته‌گی، نتیجه تبدیل سیمای سرزمین به قطعات کوچکتر با ارتباطات کمتر است که کاهش پایداری آن را در پی دارد. هدف از انجام این پژوهش، ارائه روشی برای کمی سازی تغییرات آشفته‌گی مکانی اراضی جنگلی که اصلی ترین پوشش منطقه حفاظت شده ارسباران است، بر پایه سنجه‌های سیمای سرزمین در یک دوره زمانی می باشد. در همین راستا از تصاویر ماهواره لندست برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۳ استفاده شد. برای تعیین مساحت بهینه پهنه‌ها، در ۱۰ نقطه تصادفی روی نقشه پوشش سرزمین سال ۱۳۹۳ پهنه‌هایی با مساحت‌های مختلف انتخاب و با رسم منحنی نتایج سنجه‌ها در مساحت‌های فوق، اندازه بهینه تعیین شد. سپس برای کمی سازی عناصر سیمای سرزمین، سنجه‌های شکل، بزرگی، تعداد، تراکم، چگونگی پراکنش و همجواری محاسبه شدند. پس از محاسبه سنجه‌ها مقدار آن‌ها به روش انحراف معیار استانداردسازی و وارد تحلیل PCA شد تا سنجه‌های تاثیرگذار در آشفته‌گی بر اساس مقادیر ویژه آن‌ها گروه‌بندی شوند. سپس بر اساس میزان بارعاملی هر یک از سنجه‌ها، نقشه‌های آشفته‌گی برای هر یک از مقاطع زمانی ایجاد شد. بر اساس نتایج، در هر دو مقطع زمانی، بیشترین آشفته‌گی (طبقه آشفته‌گی زیاد) در اطراف مناطق مسکونی و کشاورزی و کمترین آشفته‌گی در مناطق کوهستانی و دور از دسترس که عمدتاً جنگل‌های پیوسته و متراکم‌اند، مشاهده شد. نتایج نشان داد میزان آشفته‌گی در سال ۱۳۹۳ افزایش یافته است، که تغییر کاربری از جنگل به مرتع با مساحت ۱۷۰/۲۴ هکتار بیشترین سهم را در افزایش آشفته‌گی داشته است. روش معرفی شده در این مطالعه می‌تواند در راستای ارزیابی، برنامه‌ریزی و مدیریت مناطق ویژه اکولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان: آشفته‌گی، تغییرات کاربری اراضی، سنجه‌های سیمای سرزمین، تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی، ارسباران

۱. مقدمه

استفاده در برنامه‌ریزی و مدیریت و پایش این تغییرات ایجاد می‌کند (Larijani et al., 2014). با توجه به اینکه برنامه‌ریزی در سرزمین نیازمند گستره وسیعی از اطلاعات همه جانبه است لذا هرچه اطلاعات دقیق و بهنگام باشد می‌توان کیفیت برنامه‌ریزی‌ها را بالاتر و شاخص‌های مناسب و متناسب با محورهای توسعه پایدار را شناسایی نمود تا هدف حفظ آن تحقق و تداوم یابد. فناوری سنجش از دور با کمک داده‌های چندطیفی، با اندازه تفکیک‌های مختلف و بهنگام و وسیع بطور روزافزون در اکثر زمینه‌های علوم زیستی بکار می‌رود و اطلاعات وسیعی از وضعیت محیط در اختیار مدیران قرار می‌دهد. از سوی دیگر سنجش‌های سیمای سرزمین (Landscape metrics) شاخص‌هایی هستند که خصوصیت شکلی، هندسی و چگونگی پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین (لکه و کریدور) را قابل تعریف و به‌صورت کمی قابل مقایسه می‌سازند (Lausch and Herzog, 2002). در بوم‌شناسی سیمای سرزمین به کمک سنجش‌ها که تلفیقی از اکولوژی و جغرافیا است، می‌توان الگوهای فضایی عناصر تشکیل دهنده محیط‌زیست و تغییرات آنها را در مقیاس‌های مختلف کمی‌سازی نمود. بواسطه فنون GIS و مشخصات کمی شده ساختار سیمای سرزمین بر پایه این سنجش‌ها، امکان بررسی و کمی‌سازی الگوهای فضایی عناصر تشکیل دهنده محیط‌زیست و تغییرات آنها در مقیاس‌های مختلف فراهم شده است. در مورد کاربرد سنجش‌های سیمای سرزمین و بررسی الگوهای فضایی عناصر تشکیل دهنده محیط‌زیست تحقیقات زیادی انجام گرفته است که می‌توان به پژوهش‌های Zebardast و همکاران (۲۰۱۱)، Liu (۲۰۱۳) و همکاران (۲۰۱۴)، Castillo و همکاران (۲۰۱۵)، Nohegar و همکاران (۲۰۱۵)،

عوامل طبیعی مانند آتش‌سوزی، سیل، فرسایش و لغزش زمین، بهمن، آفت و طوفان، در کنار فشارها و دخالت‌های انسانی برای رفع نیازهای منطقی و بعضا غیرمنطقی از عوامل ایجاد کاهش سطح و تغییرات در زیستگاه‌ها و پوشش‌های طبیعی از جمله جنگل‌ها می‌باشد. این تغییرات سیمای سرزمین را به تدریج دچار گسستگی می‌کند و در نتیجه آن آشفته‌گی مکانی صورت می‌گیرد. آشفته‌گی مکانی یکی از مهم‌ترین فرایندهای فضایی ناشی از تغییر در سیمای سرزمین است که شامل تبدیل پوشش یا زیستگاهی خاص به قطعات کوچکتر و دارای ارتباط کمتر و کاهش پایداری و زیست‌پذیری آنهاست (Darvishsefat et al., 2017). یکی از نیازهای برنامه‌ریزی برای مدیریت موثر و پایدار، درک و آگاهی بهتر از پدیده آشفته‌گی و الگوهای مکانی آن است (Wulder, 2007).

با شناخت و بررسی روند تغییرات آشفته‌گی‌ها در طول زمان، می‌توان عوامل ایجاد آن را مشخص کرده و تصمیمات مناسبی برای کاهش آشفته‌گی‌ها اتخاذ نمود (Nasiri et al., 2019). دانستن میزان و نحوه این تغییرات برای مدیریت و برقراری نظم طبیعی پایدار اکوسیستم‌ها ضروری است (Karami & Fegghi, 2011). این در حالی است کاربرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین در زمینه‌های مختلف برنامه‌ریزی شهری نشان دهنده قابلیت تحلیل و بیان کمی نتایج حاصل از تعامل انسان و محیط زیست است (Jabbarian, 2014). به این معنی که این رهیافت از طریق شناسایی عوامل ساختاری و جریان‌های فرآیندهای اصلی و عوامل ایجاد تغییرات در سیمای سرزمین، درک مناسبی از ارتباطات و تغییرپذیری سیمای سرزمین به منظور

منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی شهرستان کلیبر و در محدوده منطقه حفاظت شده ارسباران قرار دارد (شکل ۱). مساحت منطقه ۷۴۰۰۰ هکتار بوده و در گستره جغرافیایی ۵۰° ۳۹' تا ۴۶° ۴۱' طول شرقی و ۴۱° ۴۳' تا ۳۸° ۱۱' عرض شمالی واقع شده است. منطقه حفاظت شده ارسباران با مساحت حدود ۸۰۱۹۴/۴ هکتار در غرب شهرستان کلیبر و جنوب رودخانه مرزی ارس (جمهوری آذربایجان) واقع شده است و بخشی از رویشگاه جنگلی ارسباران به شمار می‌رود. این رویشگاه با مساحت ۱۴۰۰۰۰ هکتار، دارای شکل‌های متنوعی از ارتفاعات، دره‌های عمیق، دامنه‌های بلند و پرشیب، اراضی جنگلی و مراتع کوهستانی و رودخانه‌ها است. این منطقه عمدتاً کوهستانی است که با اختلاف ارتفاع بین حداقل (کمتر از ۳۰۰ متر) و حداکثر ارتفاع ۲۸۹۰ متر موجب بروز تنوع آب و هوایی و بیولوژیکی شده است که دارای جهت شیب غالب شمالی، شمال غربی است. (Sarhangzadeh and Makhdoom, 2002).

بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر است. علاوه بر آن تعداد روزهای مه‌خیز این منطقه زیاد است و نقش عمده‌ای در بیلان آب منطقه دارد. متوسط حرارت سالانه در ارتفاعات کوهستانی ۵ درجه و در حاشیه ارس ۱۷ درجه است. درصد رطوبت نسبی در بالاترین رقم خود در خرداد ماه ۸۵ درصد است. عمده رطوبت منطقه ارسباران، غربی و مدیترانه-ای است. بخش شرقی منطقه ارسباران از رطوبت بیشتری نسبت به بخش غربی برخوردار است و به همین دلیل، تراکم پوشش گیاهی آن بیشتر است.

Arekhi (۲۰۱۵) و Tondravan و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد. نتایج این مطالعات بیانگر دقت و توانایی سنجه‌ها در کمی‌سازی الگوهای پراکنش مکانی جنگل‌ها و مشخصات تغییرات در آن‌ها می‌باشند. از سویی دیگر در برخی از این مطالعات با اجرای مدلسازی، از سنجه‌ها به عنوان متغیرهای مناسبی یاد شده است که می‌توانند با کمی‌کردن الگوهای پراکنش عارضه‌ها نقش مهمی در تعریف مدل ایفا کنند، اما هریک از این سنجه‌ها به تنهایی بیانگر میزان آشفتهگی مکانی در جنگل نمی‌باشند. به این منظور می‌توان مجموعه‌ای از سنجه‌ها را از طریق تحلیل مؤلفه اصلی (Principal Component Analysis) انتخاب (Yang et al., 2005) و براساس مقادیر ویژه (Eigen value) و بارهای عاملی (Loading) حاصل از آن، شاخص آشفتهگی را مدلسازی کرد (Tian et al., 2011). براساس مرور منابع انجام شده در این مطالعه، بررسی آشفتهگی مکانی برپایه سنجه‌های سیمای سرزمین شاخه‌ای نو در این زمینه در جهان می‌باشد و نتایج اولیه نشان بر توانمندی آن دارد. براین اساس هدف از انجام این پژوهش، ارایه روشی برای کمی‌سازی تغییرات آشفتهگی مکانی اراضی جنگلی که اصلی‌ترین پوشش منطقه حفاظت شده ارسباران است، بر پایه سنجه‌های سیمای سرزمین در یک دوره زمانی، به عنوان ابزاری برای پایش و مدیریت منابع می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

سرزمین (لکه‌ها) از جمله شکل، بزرگی، تعداد، تراکم، چگونگی پراکنش و همجواری مورد مطالعه قرار گرفت. لذا سنجه‌هایی که توانایی آنها در کمی‌سازی مشخصات مکانی لکه‌ها تایید شده بود، انتخاب شدند. در این مطالعه از ۱۳ سنجه سیمای سرزمین شامل: MESH, NP, PD, ENN-MN, LPI, ED, FRAC-MN, CONTIG-MN, SPLIT, AREA-MN, DIVISION, PLAND و SHAPE-MN به علت توانایی آنها در بیان ویژگی‌ها و الگوی مکانی لکه‌ها در سیمای سرزمین استفاده شد (جدول ۱).

۲-۴. تعیین مساحت بهینه پهنه

به منظور کمی‌سازی الگوی مکانی لکه‌های غیر جنگلی و مدلسازی آشفستگی در قسمت‌های مختلف، منطقه به شبکه‌ای از پهنه‌های به نسبت کوچک تقسیم و محاسبات در این پهنه‌ها انجام شد. ابتدا برای تعیین اندازه مناسب پهنه، با استفاده از چهار سنجه ED, DIVISION, PD و LPI که کمترین ارتباط همبستگی را باهم داشته و مشخصات متفاوتی از سیمای سرزمین را ارائه می‌دهند (Subin *et al.*, 2011)، در ۱۰ نقطه تصادفی روی نقشه پوشش سرزمین سال ۱۳۹۳ پهنه‌هایی با مساحت‌های مختلف (۱۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ هکتار) در هر نقطه انتخاب و الگوهای مکانی سیمای سرزمین کمی گردید (شکل ۲) (Gorbani *et al.*, 2017). در ادامه با رسم منحنی نتایج سنجه‌ها در مساحت‌های فوق و تحلیل آنها، اندازه بهینه تعیین شد، به این ترتیب که مساحتی که در آن منحنی‌های سنجه‌ها به هم نزدیک شده و به نسبت به طور موازی و افقی ادامه می‌یابد، مساحت مطلوب پهنه در منطقه تلقی می‌شود (Subin *et al.*, 2011).

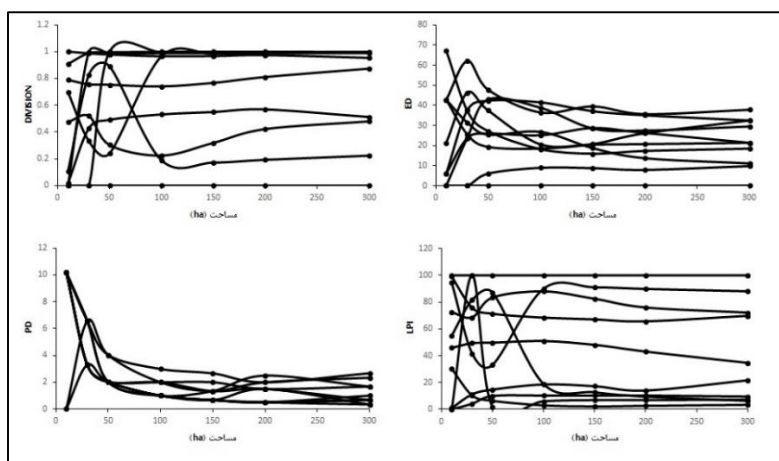
کشاورزی دیم و مرتع، چگونگی پراکنش و الگوی مکانی آنها، تصاویر ماهواره‌ای باید به روشی مورد طبقه بندی قرار می‌گرفت که در نتیجه آن نقشه‌های کاربری دقیق تهیه می‌شد. با توجه به اینکه روش‌های خودکار نمی‌توانست نتایج مطلوبی ارائه دهد، از روش تفسیر تلفیقی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. این روش قبلاً در مطالعات استفاده (Vafaei *et al.*, 2013; Dezhkam, 2012; Darvishsefat *et al.*, 2017; Nasiri *et al.*, 2018) و بر قابلیت‌های آن اشاره شده است. درستی نتایج تفسیر تلفیقی به تعداد و نوع طبقات، مهارت مفسر، شناخت منطقه و نوع داده‌ها بستگی دارد. در این راستا می‌توان از داده‌های کمکی و باز دیده‌های میدانی نیز در جهت تهیه نقشه با صحت بالا و نزدیک به واقعیت بهره برد. پس از انجام بارزسازی‌ها و تهیه تصاویر رنگی مناسب، کاربری‌های مختلف شناسایی و در محیط نرم افزار ArcGIS ترسیم شدند. در نهایت نقشه‌های کاربری اراضی قابل اطمینان منطقه در طبقات: کشاورزی (کشاورزی آبی، دیم و باغ)، جنگل، مرتع (انواع اراضی مرتعی)، شهری (مناطق شهری و روستایی)، بدون پوشش طبیعی و منابع آب (رودخانه و سد) تهیه شدند.

۲-۳. سنجه‌های سیمای سرزمین

سنجه‌های سیمای سرزمین ساختار فضایی عناصر سیمای سرزمین، آرایش مکانی و الگوی آنها را به عنوان مجموعه‌ای واحد و دارای هویت معین به صورت کمی بیان می‌کنند. در مطالعات Larijani و همکاران (۲۰۱۴)، Fegghi و Karami (۲۰۱۱)، Mirzayi و همکاران (۲۰۱۳)، Wickham و همکاران (۱۹۹۷)، Liu و همکاران (۲۰۱۴) و دیگر محققین، توانایی سنجه‌ها در کمی‌سازی مشخصات عناصر سیمای

جدول ۱- ویژگی‌های سنجه‌های مورد استفاده (McGarigal et al., 2012)

حرف اختصاری و دامنه Abbreviations & Range	واحد Unit	نوع سنجه Type of metric	ویژگی Property
NP > 0	بدون واحد (No unit)	تعداد لکه (Number of Patch)	سطح / تراکم / حاشیه Level / Density / Margin
PD > 0	تعداد در صد هکتار (Number per hundred hectares)	تراکم لکه (Patch's Density)	
AREA ≥ 0	هکتار (Hectare)	مساحت لکه (Patch's Area)	
0 ≤ PLAD ≤ 100	درصد (Percent)	درصد لکه (Patch's Percentage)	
0 ≤ LPI ≤ 100	درصد (Percent)	شاخص بزرگترین لکه (Largest Patch Index)	
MESH ≤ مساحت کل چشم‌انداز ≤ مساحت پهنه	هکتار (Hectare)	شاخص از هم گسستگی (Discontinuity index)	
ED ≥ 0	متر بر هکتار (Meters per hectare)	شاخص تراکم لبه (Edge Density)	
0 ≤ DIVISION < 1	نسبی (Relative)	شاخص از هم گسستگی (Discontinuity index)	
SHAPE ≥ 1	بدون واحد (No unit)	میانگین شاخص شکل لکه‌ها (Mean of patch's shapes index)	
1 ≤ FRAC ≤ 2	بدون واحد (No unit)	میانگین شاخص ابعاد فراکتالی (Mean of fractal dimension index)	
ENN > 0	متر (Meter)	میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه (Mean of Euclidean Nearest-Neighbor Distance)	جدا افتادگی / مجاورت
1 ≤ SPLIT ≤ تعداد لکه	بدون واحد (No unit)	شاخص سوراخ شدگی (Perforation index)	Contiguity / proximity
0 ≤ CONTIG ≤ 1	بدون واحد (No unit)	شاخص مجاورت (Proximity index)	



شکل ۲- نمودارهای مقادیر چهار سنجه انتخابی در ۱۰ پهنه نمونه با مساحت‌های مختلف.

۲-۵. مدل‌سازی شاخص آشفته‌گی

(Uuemaa et al., 2005). مدل حاصل در تمامی

۵۵۰ پهنه مربوط به سال ۱۳۹۳ به طور جداگانه اجرا و شاخص آشفته‌گی جنگل در هر پهنه محاسبه و از مجموعه آن‌ها نقشه آشفته‌گی جنگل در منطقه یرای سال ۱۳۹۳ تهیه شد. با اجرای همین فرایند بر روی نقشه پوشش سرزمین سال ۱۳۶۹ نقشه آشفته‌گی جنگل برای ابتدای دوره نیز تهیه شد. در ادامه نقشه های آشفته‌گی جنگل مربوط به دو مقطع زمانی، با توجه به دامنه تغییرات شاخص آشفته‌گی ابتدا و انتهای دوره، به چهار طبقه بدون آشفته‌گی، آشفته‌گی کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شد.

رابطه ۱- مدل اولیه شاخص آشفته‌گی مکانی جنگل

$$DI = E_1 \times (L_i \times M_i + \dots + L_n \times M_n) + E_2 \times (L_i \times M_i + \dots + L_n \times M_n) + \dots + E_n \times (L_i \times M_i + \dots + L_n \times M_n)$$

DI : شاخص آشفته‌گی (Disturbance Index)

E : مقدار ویژه مؤلفه (component's Eigen value)

L_i : بارعاملی هر سنجه در مولفه (Loading of each

(metric in the component

M_i : مقدار استاندارد شده سنجه (Standardized

(value of metric

۲-۶. بارسازی تغییرات کاربری‌ها و آشفته‌گی‌ها

پس از تهیه نقشه آشفته‌گی برای ابتدا و انتهای دوره مطالعه و تبدیل ساختار آنها از وکتور به رستر در محیط

از آنجایی که هیچ یک از سنجه‌های سیمای سرزمین به تنهایی نمی‌توانند به طور کامل بیانگر وضعیت آشفته‌گی باشند، Tian و همکاران (۲۰۱۱) پیشنهاد کرده‌اند که همانند یک رابطه چند متغیره، مجموعه‌ای از سنجه‌ها با وزن‌های متناسب با هم ترکیب شود. این کار می‌تواند با اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر روی نتایج سنجه‌ها و استفاده از مقادیر ویژه بارعاملی حاصل از آن، به عنوان ضرایب مدل انجام شود. از آنجایی که دامنه تغییرات مقادیر سنجه‌ها متفاوت بود، برای ورود به تحلیل PCA و با توجه به اهمیت تغییرات داده در اطراف میانگین در این نوع مطالعات، ابتدا مقادیر سنجه‌ها به روش انحراف معیار استانداردسازی شده و سپس وارد تحلیل PCA شدند (Cumming and Vernier, 2002; Lausch and Herzog, 2002). در نهایت برپایه نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی، سنجه‌های تاثیر گذار در آشفته‌گی بر اساس مقادیر ویژه آن‌ها گروه‌بندی شده و با استفاده از بارعاملی آن‌ها به عنوان ضریب هر سنجه در مدل، مدل آشفته‌گی جنگل برپایه سه مولفه اول در منطقه تهیه شد. رابطه ۱ فرم کلی مدل شاخص آشفته‌گی مکانی جنگل را نشان میدهد (Herzog et al., 2001);

۳-۱. نقشه پوشش زمین حاصل از تفسیر تصاویر

ماهواره‌ای

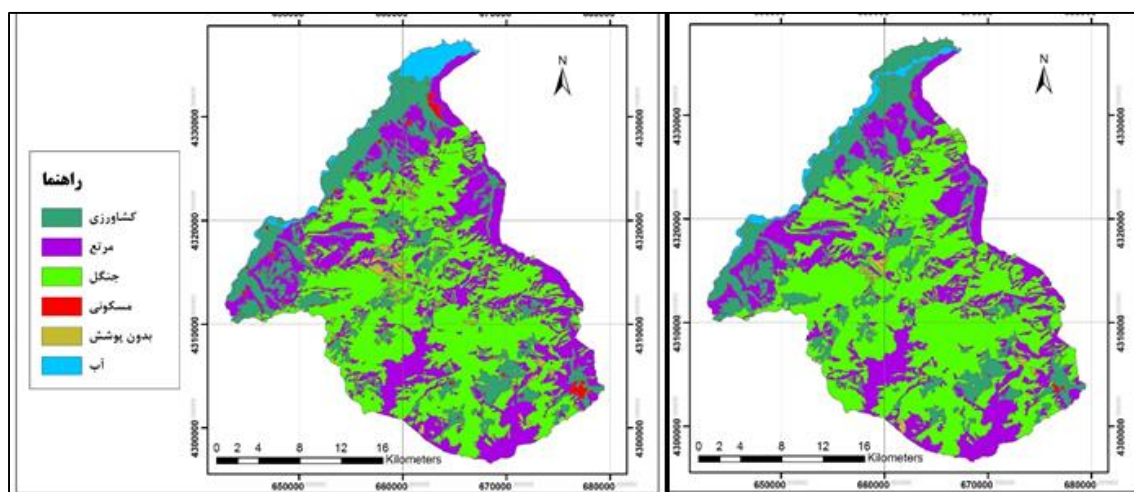
نقشه‌های پوشش زمین بر اساس روش تفسیر تلفیقی داده‌های سنجنده‌های TM و OLI ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ شامل طبقات کشاورزی، جنگل، مرتع، مناطق مسکونی (شهری و روستایی)، اراضی بدون پوشش طبیعی و منابع آب (رودخانه و حریم رودخانه) تهیه شدند (شکل ۳). بر اساس جدول ۲ کاربری جنگل و مرتع برای هر دو مقطع زمانی مطالعه بیشترین سطح را به خود اختصاص داده‌اند.

نرم افزار IDRISI، تغییرات کاربری و تغییرات آشفته‌گی برای دو مقطع زمانی با استفاده از مدل LCM (Land Change Modeler) محاسبه گردید. در ادامه پهنه‌های دارای افزایش آشفته‌گی را از نقشه تغییرات آشفته‌گی استخراج کرده و با روی هم گذاری نقشه حاصل بر روی نقشه تغییرات کاربری، میزان تغییرات کاربری‌ها در این پهنه‌ها استخراج شد. با تحلیل مساحت تغییرات کاربری‌های بدست آمده، کاربری‌های که موجب افزایش آشفته‌گی در پهنه‌های مذکور شده بود، شناسایی و تحلیل گردید.

۳. نتایج

جدول ۲- مساحت هریک از کاربری‌ها برای سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۳ به هکتار

نوع کاربری	۱۳۶۹	۱۳۹۳	درصد تغییرات کاربری
کشاورزی	۱۳۹۵۰/۵۴	۱۳۷۳۵/۹۰	-۰/۲۹
مرتع	۲۱۰۰۳/۰۹	۲۲۲۱۵/۳۴	۱/۶۴
جنگل	۳۶۷۵۳/۶۲	۳۴۱۶۸/۸۷	-۳/۴۹
مناطق مسکونی	۲۰۶/۶۵	۶۲۹/۲۲	۰/۵۷
بدون پوشش طبیعی	۷۵۴/۶۵	۸۷۲	۰/۱۵
آب	۱۳۰۵/۱۲	۲۳۵۲/۳۴	۱/۴۱
مجموع	۷۳۹۷۳/۶۷	۷۳۹۷۳/۶۷	



شکل ۳- نقشه های پوشش زمین سال های ۱۳۶۹ (راست) و ۱۳۹۳ (چپ) حاصل از روش تفسیر تلفیقی.

۳-۲. شش ضلعی‌ها به عنوان واحدهای نمونه

شکل ۲ نمودار نتایج محاسبه چهار سنجه در ۱۰ نقطه تصادفی در پهنه‌هایی با مساحت‌های مختلف (۱۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ هکتار) را نشان می‌دهد. براساس این نمودارها و تفسیر بصری آنها می‌توان پهنه‌های ۱۰۰ هکتاری را به عنوان پهنه‌های با سطح بهینه برای محاسبه سنجه‌ها و تقسیم منطقه به این پهنه‌ها انتخاب کرد (Tian et al., 2011). همچنین در شکل ۴ نقشه تقسیم‌بندی منطقه به پهنه‌های ۱۰۰ هکتاری آورده شده است.

۳-۳. محاسبه شاخص و تهیه نقشه آشفته‌گی جنگل

پس از کمی‌سازی و استانداردسازی، مقادیر سنجه‌ها وارد تحلیل PCA شدند. جدول ۳ نتایج تحلیل را برای

سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۳ نشان می‌دهند. نتایج تحلیل PCA بر روی مقادیر استاندارد شده سنجه‌ها نشان داد که چهار مؤلفه اول خروجی تحلیل برای سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۳ یکسان بودند و به ترتیب ۸۲/۰۶ و ۸۲/۱۶ درصد از واریانس پراکنش اطلاعات ۱۳ سنجه مورد استفاده را در بر می‌گیرند. مؤلفه اول شامل سنجه‌های AREA_MN، LPI، PLAND، ENN_MN، DIVISION، MESH، مؤلفه دوم شامل سنجه‌های ED، SHAPE_MN، FRAC_MN، مؤلفه سوم شامل سنجه‌های NP، PD و مؤلفه چهارم شامل سنجه‌های CONTIG_MN و SPLIT می‌باشد.

جدول ۳- نتایج تحلیل PCA برای سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۳ (چهار مؤلفه اول)

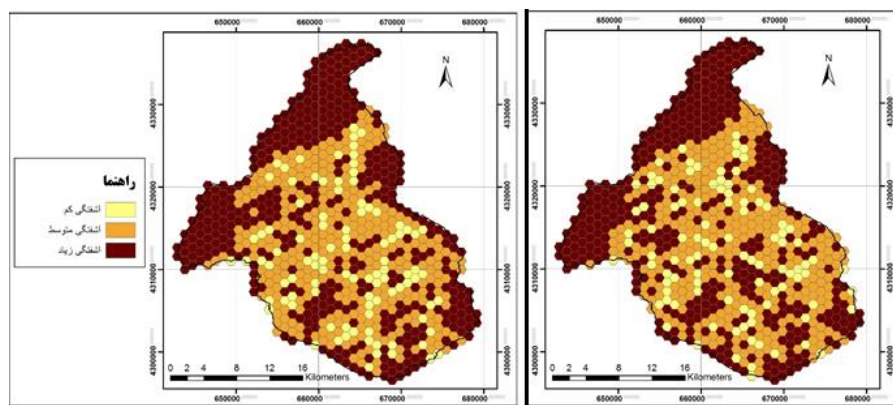
بارهای عاملی استخراج شده						مؤلفه
سال ۱۳۹۳			سال ۱۳۶۹			
مجموع	درصد واریانس	درصد تجمعی	مجموع	درصد	درصد تجمعی	
مربعات	واریانس	واریانس	مربعات	واریانس	واریانس	
۶/۷۸۴	۵۲/۱۸۸	۵۲/۱۸۸	۶/۸۰۸	۵۲/۳۶۷	۵۲/۳۶۷	اول
۱/۶۰۹	۱۲/۳۶۷	۶۴/۵۶۳	۱/۵۷۲	۱۲/۰۹۲	۶۴/۴۵۹	دوم
۱/۱۸۴	۹/۱۰۹	۷۳/۶۷۳	۱/۲۲۷	۹/۴۴۱	۷۳/۹۰۰	سوم
۱/۱۰۴	۸/۴۹۳	۸۲/۱۶۶	۱/۰۶۱	۸/۱۶۴	۸۲/۰۶۴	چهارم

تعیین شد. با توجه به مقادیر شاخص آشفته‌گی، نقشه آشفته‌گی جنگل برای سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۹۳ شکل ۴ تهیه شد.

برپایه مقادیر ویژه سه مؤلفه اول، مقادیر بارعاملی سنجه‌ها به عنوان ضرایب آن‌ها، مقادیر استاندارد شده سنجه‌ها و بر مبنای رابطه ۱ به نحوی که در رابطه ۲ نشان داده شده، شاخص آشفته‌گی برای یکایک پهنه‌ها

رابطه ۲- مدل نهایی شاخص آشفته‌گی مکانی جنگل

$$DI_i = E_1 \times (L_1 \times PLAND_i + L_2 \times LPI_i + L_3 \times AREA_MN_i + L_4 \times ENN_MN_i + L_5 \times DIVISION_i + L_6 \times MESH_i) + E_2 \times (L_7 \times ED_i + L_8 \times SHAPE_MN_i + L_9 \times FRAC_MN_i) + E_3 \times (L_{10} \times NP_i + L_{11} \times PD_i) + E_4 \times (L_{12} \times CONTIG_MN_i + L_{13} \times SPLIT_i)$$



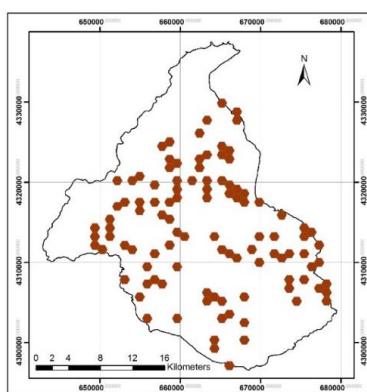
شکل ۴- نقشه های آشفتگی سال ۱۳۶۹ (راست) و سال ۱۳۹۳ (چپ)

۳-۴. آشکارسازی تغییرات آشفتگی در دو مقطع

زمانی

با استفاده از تابع مدلساز تغییرات سرزمین (LCM)، تغییرات آشفتگی صورت گرفته در منطقه در طول سال های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۳ آشکارسازی شد. شکل ۵ پهنه های دارای افزایش آشفتگی که از نقشه تغییرات آشفتگی استخراج شده را نشان می دهد. در تحلیل پهنه های دارای افزایش آشفتگی مشخص شد که

بیشترین میزان تغییرات کاربری ها در این پهنه ها از جنگل به مرتع با سطح $170/24$ هکتار بود، در حالیکه تبدیل اراضی جنگلی به مسکونی با $0/34$ هکتار کمترین میزان تغییرات را به خود اختصاص داده است. همچنین تغییر کاربری جنگل به کشاورزی و جنگل به بدون پوشش به ترتیب $24/71$ و $5/56$ هکتار از تغییرات را شامل می شوند. در نتیجه آشفتگی جنگل در طول مدت مطالعه، در نتیجه تبدیل $200/18$ هکتار از اراضی جنگلی به سایر کاربری ها اتفاق افتاده است.



شکل ۵- پهنه های دارای افزایش آشفتگی

۴. بحث و نتیجه گیری

منطقه ارسباران، یکی از رویشگاه های منحصر به فرد جنگلی از نظر تنوع گونه های گیاهی و جانوری است که در سال های اخیر ارزش های اکولوژیکی، زیست محیطی و اقتصادی-اجتماعی آن در سطح ملی و بین المللی مورد توجه قرار گرفته است. انجام مطالعات

متعدد در راستای پایش سیمای سرزمین و کسب اطلاعات به روز در مورد روابط بین کاربری ها، لازمه برنامه ریزی و مدیریت پایدار این عرصه هاست. بدیهی است، کسب اطلاعات دقیق و به روز از وضعیت سیمای سرزمین نیازمند توسعه روش های نوین و انجام مطالعات گوناگون است. به طور کلی هر عاملی که باعث کاهش سطح پوشش جنگلی شود و یا به عبارت دیگر

سیمای سرزمین منطقه باشد. بر اساس نقشه‌های آشفته‌گی در هر دو مقطع زمانی، بیشترین آشفته‌گی (طبقه آشفته‌گی زیاد) در مناطق مسکونی به خصوص در اطراف شهرستان‌های کلیبر و جانانلو و همچنین اراضی مسطح و حاصلخیز اطراف رودخانه ارس و سد خداآفرین مشاهده شد. در حالیکه پهنه‌های با آشفته‌گی کم مناطق کوهستانی و دور از دسترس که عمدتاً جنگل‌های پیوسته و متراکم است را شامل می‌شود. در طبقه آشفته‌گی متوسط در هر دو مقطع زمانی، پهنه‌هایی با لکه‌های جنگلی و مرتعی مشاهده شد که عمدتاً در نواحی نزدیک روستاها و جاده‌های کلیبر-عاشق‌لو و کلیبر-جانانلو قرار گرفته‌اند. جاده‌ها یکی از کاربری‌های ناسازگار درون مناطق حساس و تحت حفاظت محسوب می‌شوند که به علت طول زیاد، محدوده تحت تاثیر و آثار ناشی از آن، وسعت و پیچیدگی بیشتری را در پی دارد (Zebardast et al., 2011). به نظر می‌رسد جاده‌های مذکور نیز در فرایند افزایش آشفته‌گی کاربری‌های منطقه ارسباران بی‌تاثیر نبوده‌اند، هر چند بررسی دقیق آن نیاز به انجام مطالعات تکمیلی دارد. بر اساس نتایج تحلیل پهنه‌های دارای افزایش آشفته‌گی، تبدیل جنگل به مرتع بیشترین سهم را در افزایش میزان آشفته‌گی در سال ۱۳۹۳ به میزان ۱۷۰/۲۴ هکتار دارد. دومین عامل افزایش میزان آشفته‌گی، تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی است که حدود ۲۴/۷۱ هکتار را شامل می‌شود. مناطق روستایی ارسباران با توجه به کمبود امکانات رفاهی و زیرساختی، دوری از مراکز شهری و وضعیت خاص توپوگرافی یکی از مناطق محروم استان آذربایجان شرقی هستند. معیشت روستائیان این منطقه به استفاده از زمین و بهره‌برداری از منابع طبیعی و جنگل‌ها وابسته است، و این وابستگی می‌تواند این

مرز مشترک جنگل با سایر کاربری‌ها را افزایش دهد، منجر به پدیده آشفته‌گی مکانی جنگل خواهد شد. بر همین اساس در این مطالعه تلاش شد تا با ارائه یک روش نوین بر مبنای سنجه‌های سیمای سرزمین و ترکیب آن با فن تحلیل PCA تغییرات آشفته‌گی سیمای سرزمین منطقه ارسباران کمی‌سازی و تحلیل شود. برای کمی‌سازی سنجه‌های سیمای سرزمین از روش پهنه‌بندی شش ضلعی استفاده شد. هدف از پهنه‌بندی این است که کل منطقه به واحدهای همگن و مشابه تقسیم‌بندی شود تا ارزیابی از مقادیر سنجه‌ها در قالب واحدهای همگن صورت گیرد. شش ضلعی‌ها با توجه به اینکه نزدیکترین شکل به دایره هستند و یک سطح را بدون هیچ‌گونه همپوشانی حتی در امتداد حاشیه‌ها پوشش می‌دهند در اینگونه مطالعات همواره مورد استفاده قرار گرفته‌اند. علاوه بر آن یک شش ضلعی محیط کمتری را نسبت به مربعی با سطح برابر دارد و از این رو خطا را به دلیل اثر حاشیه‌ای کاهش می‌دهد (Sadegh Oghli et al., 2019). انتخاب اندازه پهنه شش ضلعی‌ها یکی از موارد قابل بحث در این گونه مطالعات است. در این مطالعه از روش پیشنهادی (Darvishsefat et al., 2017) استفاده شد که بر پایه محاسبه مقادیر سنجه‌ها در مساحت‌های متفاوت و رسم منحنی آن‌هاست. به این ترتیب که مساحتی که در آن منحنی‌های سنجه‌ها به هم نزدیک شده و به نسبت به طور موازی و افقی ادامه می‌یابد، به عنوان مساحت مناسب پهنه‌ها انتخاب می‌شود. در گام اول بر اساس آشکارسازی تغییرات، مشخص شد که تغییرات کاربری متعددی در طول مدت مطالعه صورت گرفته است که باعث کاهش سطح جنگل‌ها و افزایش سطح مناطق مسکونی و مرتعی شده است. این تغییرات می‌تواند نشان دهنده افزایش آشفته‌گی مکانی در

اقتصادی-اجتماعی امکان پذیر نخواهد بود. تخریب جنگل، گسستگی و آشفتگی مکانی آن آثار مخرب و جبران ناپذیری در پی خواهد داشت، به همین دلیل پایش منظم و دوره‌ای تغییرات آن می‌تواند گامی موثر در راستای جلوگیری از تشدید تغییر سیمای سرزمین در مناطق مهم اکولوژیکی محسوب شود. نتایج این مطالعه و روش معرفی شده، می‌تواند در راستای پایش محیط زیست و کسب اطلاعات به روز از آن کارساز باشد. با داشتن اطلاعات دقیق و به روز می‌توان به مدیریت بهینه منابع طبیعی به خصوص جنگل‌ها اقدام و از تخریب و گسستگی آن جلوگیری کرد.

References

- Arekhi, S., 2015. Application of Landscape Metrics in Assessing Land Use Changes' Trend by Using Remote Sensing and GIS, Case study: Dehloran Desert Area. *Geography and Development Iranian Journal*, 40(13), 59-68. (In Persian)
- Asgarian, A., Jabbarian amiri, B., 2013. Assessing Land use/ cover change of Qaemshahr Using Landscape Metrics. *International Conference of IALE*, 01, 118. (In Persian)
- Castillo, E. M., García-Martin, A., Aladrén, L. A. L., de Luis, M., 2015. Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain). *Applied Geography*, 62, 247-255
- Cumming, S., Vernier, P., 2002. Statistical models of landscape pattern metrics, with applications to regional scale dynamic forest simulations. *Landscape Ecology*, 17(5), 433-444.
- Cumming, S., Vernier, P., 2002. Statistical models of landscape pattern metrics, with applications to regional scale dynamic forest simulations. *Landscape Ecology*, 17(5), 433-444.
- Darvishsefat, A. A., Bagheri, M., Ghorbani, M., Zahedi Amiri, Gh., 2017. Spatial forest disturbance modeling using landscape metrics in SARVELAT protected area of Iran. *Journal of Forest and Wood Products*, In print. (In Persian)
- Dezhkam, S. S., 2012. Study of trends and pattern changes of urban development by landscape ecology approach; a case study: Rasht city. Master's thesis, Department of Environment, Faculty of Natural Resources: University of Tehran. 128p. (In Persian)
- Ghorbani, M., Darvishsefat A. A., Jabbarian Amiri, B., 2017. Determination of optimum zone-network for quantification of landscape metrics (Case study: Golestan National Park). Fourth international conference on environmental planning and management, Tehran, Iran. (In Persian)
- Herzog, F., Lausch, A., Muller, E., Thulke, H. H., Steinhardt, U., Lehmann, S., 2001. Landscape Metrics for Assessment of Landscape Destruction and Rehabilitation. *Environmental Management*, 27(1), 91-107.
- Jabbarian Amiri, B., 2014. Environmental impact assessment. University of Tehran press, Tehran, 184 p.
- Karami, A., Fegghi, J., 2011. Investigation of Quantitative metrics to protect the landscape in land use by sustainable pattern (Case study: Kohgiluyeh and Boyer Ahmad). *Journal of Environmental Studies*, 60, 79-88. (In Persian)
- Larijani, M., Ghassami, F., Yusefi Robiat, E., 2014. Ecological Analysis of Green Space Jiroft Using Landscape Metrics. *Amayesh Journal*, 25, 49-64. (In Persian)

- Lausch, A., Herzog, F., 2002. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological indicators*, 2(1), 3-15.
- Liu, S., Dong, Y., Deng, L., Liua, Q., Zhaoa, H., Dong, S., 2014. Forest fragmentation and landscape connectivity change associated with road network extension and city expansion: A case study in the Lancang River Valley. *Ecological Indicators*, 36, 160-168.
- McGarigal, K., Cushman, S.A., Ene, E., 2012. FRAGSTATS V4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available from <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
- Mirzayi, M., Riyahi Bakhtiyari, A., Salman Mahini, A., & Gholamalifard, M., 2013. Investigating the Land Cover Changes in Mazandaran Province Using Landscape Ecology's Metrics Between 1984–2010. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 4, 37-55. (In Persian)
- Nasiri, V., Darvishsefat, A.A., Rafiee, R., Shirvany, A., Avatefi Hemat, M., 2018. Land use change modeling through an integrated Multi-Layer Perceptron Neural Network and Markov Chain analysis (case study: Arasbaran region, Iran). *Journal of Forestry Research*, 10.1007/s11676-018-0659-9.
- Nasiri, V., Darvishsefat, A.A., Shirvany, A., Avatefi Hemat, M., 2019. Monitoring and modeling changes of forest area using logistic regression-markov and geomod. *Journal of Geography Space*, 19(65): 171-189. (In Persian)
- Nohegar, A., Jabbarian amiri, B., Afarkhteh, R., 2015. Land Use Analysis on Guilan Central District Using Landscape Ecology Approach. *Geography and urban-regional planning*, 15, 197-214. (In Persian)
- Sadegh Oghli, R., Jahani, A., Alizadeh Shabani, A., Goshtasb, H., 2019. Quantifying the Fragmentation of Landscape as an Index for the Assessment of the Wildlife Habitat (Case Study: Protected Area of Jajroud). *Journal of Animal Environment*, 11(1), 13-20. (In Persian)
- Sarhangzadeh, J., Makhdom, M., 2002. Land use planning Arasbaran Protected Area. *Journal of Environmental studies*, 28(30), 66-75. (In Persian).
- Tian, Y., Jim, C., Tao, Y., Shi, T., 2011. Landscape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10, 79-86.
- Tondravan Zangene, M., Darvishi, A., Fakheran, S., 2015. Monitoring land use/cover changes in Choghakhor International Wetland (2003-2009). First international conference of IALE-iran, Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian)
- Uuemaa, E., Roosaare, J., Mander, U., 2005. Scale dependence of landscape metrics and their indicatory value for nutrient and organic matter losses from catchments. *Ecological indicators*, 5(4), 350-369.
- Vafaei, S., Darvishsefat, A.A., Pir Bavaghar, M., 2013. Monitoring and predicting land use changes using LCM module (Case study: Marivan region). *Iranian Journal of Forest* 5(3), 323-336. (In Persian)
- Wickham, J.D., O'Neill, R.V., Riitters, K.H., Wade, T.G., Jones, K.B., 1997. Sensitivity of selected landscape pattern metrics to land-cover misclassification and differences in land-cover composition. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 63(4), 397-402.
- Wulder, M.A., Franklin, S.E., 2007. Understanding Forest Disturbance and Spatial Pattern. *Remote Sensing and GIS Approaches*. Taylor and Francis
- Yang, X., Liu, Z., 2005. Quantifying landscape pattern and its change in an estuarine watershed using satellite imagery and landscape metrics. *International Journal of Remote Sensing*. 26(23), 5297-5323.
- Zebardast, L., Yavari, A.R., Salehi, E., & Makhdom, M., 2011. Application of Effective Mesh Size Metric for the Analysis of Forest Habitat Fragmentation inside the Defined Road Effect Zone of Golestan National Park. *Journal of Environmental Studies*, 58, 15-20. (In Persian)