



مقایسه قابلیت معیارهای پیوسته و گسسته در ارزیابی تکه تکه شدگی سیمای اراضی جنگلی گرگان

احسان رحیمی^{۱*}، عبدالرسول سلمان ماهینی^۲، ستار سلطانیان^۳

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. دانشیار دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳. مربی دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۵ شهریور ۱۳۹۵

پذیرش: ۴ آبان ۱۳۹۵

دسترسی اینترنتی: ۵ آذر ۱۳۹۵

واژه‌های کلیدی:

سنجش از دور

تکنیک پنجره متحرک

تکه تکه شدگی سیمای اراضی جنگلی

ماتریس سیمای سرزمین

چکیده

بوم‌شناسی سیمای سرزمین عمدتاً مبتنی بر الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه است. اگرچه این الگو در مطالعات بوم‌شناسی سیمای سرزمین بسیار کارآمد و موفق عمل کرده است، اما عقیده بر این است که این الگو نمی‌تواند نمایش صحیحی از ناهمگنی پیوسته ارائه دهد. همین عامل موجب شده تا برخی از محققین این رشته در پی یافتن شاخص‌های جدیدی باشند که به وسیله آن‌ها بتوان سیمای سرزمین را در چارچوبی پیوسته مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. هدف از این مطالعه، مقایسه قابلیت معیارهای پیوسته و گسسته در ارزیابی تکه تکه شدگی سیمای اراضی جنگلی گرگان با استفاده از تکنیک پنجره متحرک است. به این منظور ابتدا تصویر ماهواره اسپات در سال ۱۳۸۹ با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی گردید سپس از تصویر ماهواره لندست در سال ۱۳۸۹ شاخص پوشش گیاهی NDVI تهیه گردید. تکنیک پنجره متحرک در اندازه پنجره‌های ۶۰، ۹۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ متر بر روی شاخص پوشش گیاهی و نقشه طبقه‌بندی شده با انتخاب شش معیار درصد سیمای سرزمین، جداسازی، شاخص بزرگ‌ترین لکه، اندازه مؤثر شبکه، شاخص تجمع و شاخص شکل سیمای سرزمین در سطح کلاس بکار گرفته شد. به منظور مقایسه همبستگی میان تصاویر خروجی هر یک از این معیارها، از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد. نتایج مقایسات آماری در اندازه پنجره‌های مختلف نشان داد که با افزایش اندازه پنجره مقادیر همبستگی تمامی معیارها افزایش می‌یابد، به طوری که بیش‌ترین مقدار همبستگی در اندازه پنجره ۳۰۰ متر و در معیارهای درصد سیمای سرزمین و جداسازی دیده می‌شود. تمامی معیارها در اندازه پنجره ۶۰ متر کمترین مقادیر همبستگی را از خود نشان دادند و در این میان شاخص شکل سیمای سرزمین با ۰/۳۳ درصد دارای کمترین مقدار همبستگی است.

* ehsanrahimi666@gmail.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

و پس‌زمینه نمایش صحیحی از ناهمگنی مکانی پیوسته ارائه نمی‌دهد (۲۵).

مک‌گریگال و کیوشمن (۲۵) الگوی شیب تدریجی را به عنوان نمایشی جایگزین از ساختار سیمای سرزمین معرفی کردند. این الگو به جای ترسیم مناطق همگن و گسسته، ساختار سیمای سرزمین را بر اساس داده‌های پیوسته نمایش می‌دهد که در آن تنها واحد گسسته پیکسل یا سلول در یک الگو داده‌ای رستری است. تاکنون از روش‌های مختلفی به منظور مقایسه معیارهای سیمای سرزمین و معیارهای پیوسته استفاده گردیده است.

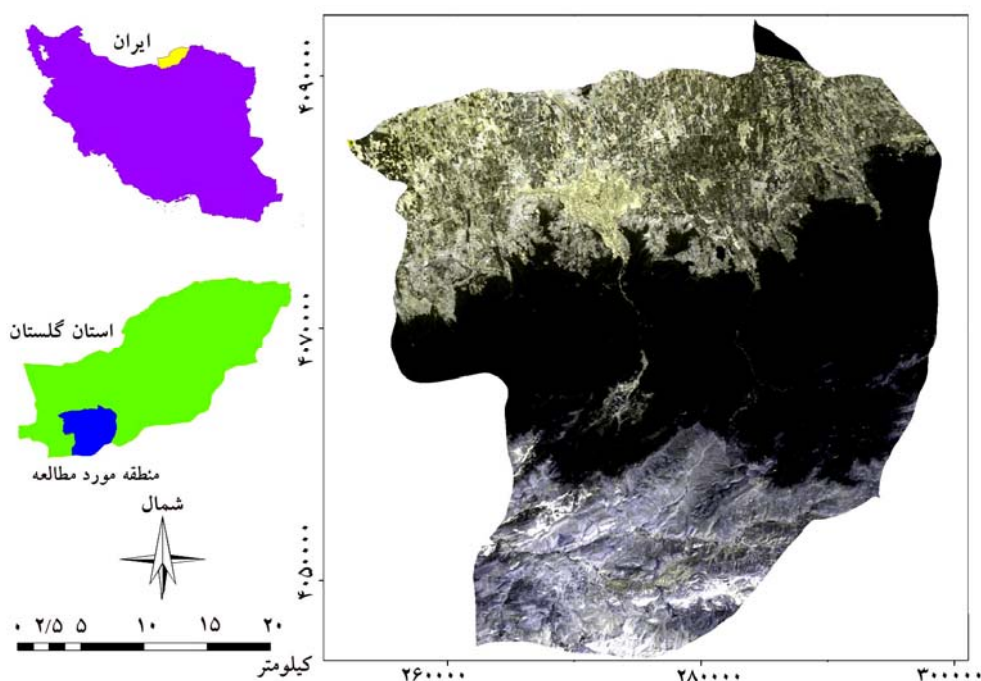
مک‌گریگال و همکاران (۲۶) در مطالعه‌ای که به منظور مقایسه میان معیارهای سیمای سرزمین و معیارهای سنجش سطح انجام گرفت، نشان دادند که معیارهای پیوسته یا سطحی دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند و توانایی بالایی برای توصیف ارتباط میان الگو و فرایند دارند. مختاری و همکاران (۵) نیز در مطالعه‌ای به کمی کردن اثرات جاده بر الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان با استفاده از آنالیز شیب تدریجی و متریک‌های سیمای سرزمین پرداختند. آن‌ها به منظور محاسبه تجزیه و تحلیل شیب تدریجی و معیارهای سیمای سرزمین از یک ترانسکت به طول ۱۵ و عرض ۳ کیلومتر در محور شرقی- غربی بر روی نقشه کاربری اراضی شهر اصفهان استفاده کردند. نتایج حاصل از مطالعه آن‌ها نشان داد که جاده‌ها موجب افزایش شدید تراکم لکه‌ها در سیمای سرزمین شده‌اند و تجزیه و تحلیل شیب تدریجی به خوبی می‌تواند ویژگی‌های سیمای سرزمین را توصیف نماید. سفیانیان و همکاران (۳) نیز در مطالعه‌ای به تجزیه و تحلیل شیب تدریجی الگوی سیمای سرزمین شهری پرداختند، آن‌ها نیز به منظور محاسبه معیارهای سیمای سرزمین در سطح شهر از ترانسکت استفاده نمودند و نتایج آن‌ها نشان داد که مقادیر تراکم لکه و تراکم حاشیه با توسعه‌ی شهری افزایش یافته است. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که آگاهی در میان بوم‌شناسان سیمای سرزمین در حال افزایش است که الگوی شیب تدریجی یا پیوسته می‌تواند نمایش درستی از ناهمگونی

بوم‌شناسی سیمای سرزمین بر ارتباط میان ساختار و کارکرد سیمای سرزمین و چگونگی تغییر سیمای سرزمین در طول زمان تمرکز می‌کند (۹). هدف بوم‌شناسی سیمای سرزمین تعیین مکان و زمان ناهمگونی مکانی و زمانی و چگونگی تأثیر آن‌ها بر فرایندها است (۳۵). یکی از موضوعات مهمی که بوم‌شناسی سیمای سرزمین به آن می‌پردازد، کنش‌های متقابل میان الگوهای سیمای سرزمین و فرایندهای اساسی اکولوژیکی است (۳۶، ۳۸، ۳۹، ۴۱ و ۴۲). توصیف کمی الگوی مکانی، مرحله‌ای حیاتی در تعیین این تعامل است (۶، ۱۰، ۲۴ و ۴۲). سنجش از دور به همراه تجزیه و تحلیل الگوی سیمای سرزمین چارچوبی فراهم می‌کند که در آن می‌توان ساختار سیمای سرزمین را اندازه‌گیری و مورد مطالعه قرار داد. تجزیه و تحلیل سیمای سرزمین بر اساس داده‌های سنجش از دور نقش مهمی را در تشخیص تکه‌تکه شدگی ایفا می‌کند. این تجزیه و تحلیل عمدتاً با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از داده‌های سنجش از دور انجام می‌گیرد. با وجود این، طبقه‌بندی مشکلاتی را نیز به همراه دارد (۱۴) که می‌توان به؛ کاهش ضمنی محتوای اطلاعاتی همراه، کاهش اطلاعات پیوسته در مورد فرایندهای تکه‌تکه شدگی و مشکلات مربوط به زمانی که تصاویر ماهواره‌ای با وضوح مکانی مختلف طبقه‌بندی می‌شوند، اشاره کرد (۳۰). به منظور توصیف ناهمگنی، بوم‌شناسان سیمای سرزمین عموماً رویکردی گسسته را اتخاذ می‌کنند که سیمای سرزمین را به عنوان مجموعه‌ای از لکه‌های گسسته در نظر می‌گیرد (۱۶، ۳۴ و ۳۵). الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه در دهه ۱۹۸۰ توسعه داده شد و ساختار سیمای سرزمین را به عنوان مجموعه‌ای از مناطق همگن که به طور گسسته ترسیم شده‌اند، توصیف می‌کند (۲۷ و ۴۰). در الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه، سیمای سرزمین به عنوان مجموعه‌ای از لکه‌های گسسته نمایش داده می‌شود، تمام تغییرات به وسیله لکه‌ها نشان داده می‌شود و یا نادیده و یا نامربوط فرض می‌گردند. اگرچه این الگو ثابت کرده است که کاملاً کارآمد است اما عقیده بر این است که الگوی لکه، راهرو

منطقه مورد مطالعه

شهرستان گرگان از $54^{\circ}10'$ تا $54^{\circ}45'$ طول شرقی و $36^{\circ}44'$ تا $36^{\circ}58'$ عرض شمالی با مساحتی حدود ۱۳۱۶ کیلومتر مربع در استان گلستان قرار دارد (شکل ۱). بخش جنوبی گرگان مشرف به ارتفاعات پوشیده از جنگل است که در مجاورت جاده سراسری شمال قرار دارد. آب و هوای منطقه مورد مطالعه معتدله مرطوب و میانگین شیب در منطقه ۲۷ درصد است.

سیمای سرزمین ارائه کند. با وجود این، استفاده از چنین الگوهایی بسیار نادر بوده است و هیچ مقایسه مستقیمی از کاربرد الگوهای پیوسته و الگوی گسسته لکه، راهرو و پس‌زمینه صورت نگرفته است (۱۳). اهداف از این مطالعه بیان تفاوت‌های میان الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه و الگوی شیب تدریجی و مقایسه این دو الگو در اندازه‌گیری تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین است.

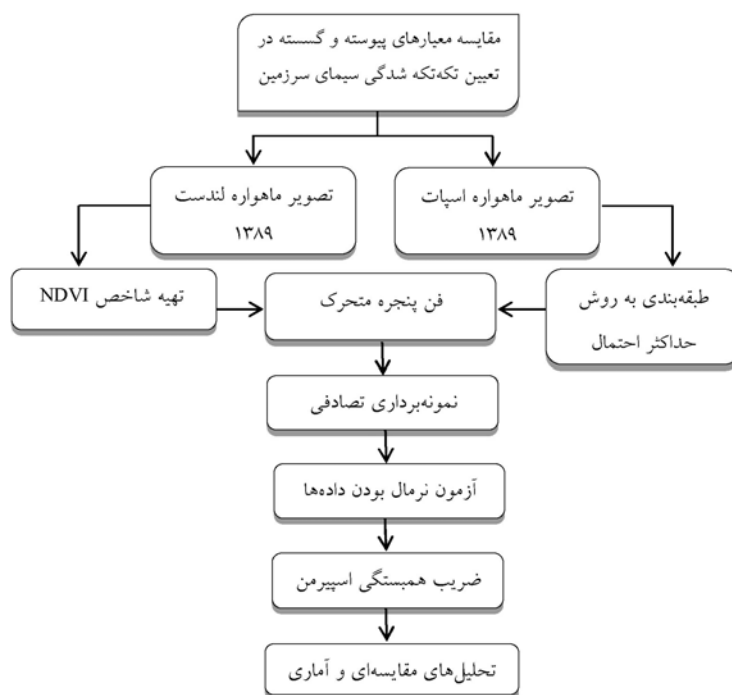


شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

جاده‌ها بر تصاویر ماهواره‌ای، از صحت داده‌ها اطمینان حاصل گردید. مراحل انجام تحقیق شامل سه مرحله؛ تهیه شاخص پوشش گیاهی NDVI و طبقه‌بندی تصویر ماهواره اسپات، بکارگیری تکنیک پنجره متحرک بر روی شاخص پوشش گیاهی و طبقه جنگل و تجزیه و تحلیل و مقایسات آماری میان تصاویر خروجی است (شکل ۲).

داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل تصاویر ماهواره‌ای ماهواره لندست ۷، سنجنده ETM^+ (اردیبهشت ۱۳۸۹) و ماهواره اسپات ۵ (اردیبهشت ۱۳۸۹)، جهت بررسی تکه‌تکه شدگی جنگل در شهرستان گرگان بودند. تصاویر دارای سیستم مختصات UTM و عاری از هرگونه خطای رادیومتریک و اتمسفری بودند. با استفاده از رویهم‌گذاری لایه



شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

طبقه بندی و پردازش تصاویر ماهواره ای

چهار مرحله اصلی در فرآیند طبقه بندی شامل تعیین طبقات، تعیین نمونه های تعلیمی و اصلاح آن ها، انجام طبقه بندی نهایی و تهیه خروجی می باشند (۶). به منظور تعیین طبقات، بعد از برش منطقه مطالعاتی از روی تصویر، با استفاده از ترکیب های رنگی کاذب، نقشه ها و مدارک موجود، تفسیر چشمی تصاویر موجود در نرم افزار گوگل ارث و بازدیدهای میدانی، ۶ طبقه در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد. سپس از هر کدام از این طبقات، متناسب با مساحت و الگوهای طیفی متفاوت آن ها، تعدادی مناطق یا سطوح به عنوان نمونه های تعلیمی با استفاده از GPS انتخاب شد تا از آن ها برای طبقه بندی استفاده شود. برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی با استفاده از تصویر ماهواره اسپات، روش طبقه بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال که بنابر نتایج تحقیقات پیشین از صحت و دقت بالاتری نسبت به سایر الگوریتم ها برخوردار است (۴) از نرم افزار ENVI[®]5 استفاده شد. کاربری هایی که پس از اعمال طبقه بندی در منطقه حاصل گردیدند عبارت اند از؛ کاربری های

جنگل، مرتع، کشاورزی، توسعه شهری، پهنه های آبی و مناطق بایر. به منظور تعیین صحت طبقه بندی از نقاط کنترل زمینی استفاده گردید. در این مرحله ۱۰۰ نقطه تصادفی برای تهیه ماتریس خطا و انجام مقایسه میان نقشه های حاصل از طبقه بندی و نقاط کنترل ایجاد شد.

الگوهای موجود در بوم شناسی سیمای سرزمین

ساختار یک سیمای سرزمین از ویژگی های عناصر فردی یک اکوسیستم و وضعیت مکانی آن ها به وجود می آید. ترنر (۳۵) و فرمن و گوردون (۱۵) بیان داشتند که این عناصر سیمای سرزمین، توزیع انرژي، مواد و گونه ها را در یک سیمای سرزمین تعیین می کند. ویژگی های الگوهای سیمای سرزمین مانند وضعیت و ترکیب عناصر که اغلب به عنوان ناهمگنی مکانی یا سیمای سرزمین یاد می شوند، بر فرآیندهای اکولوژیکی و در نتیجه تنوع زیستی تأثیر می گذارند و اثراتی عمیق بر کارکرد سیستم های اقتصادی- اجتماعی و اکولوژیکی برجای می گذارند (۱۲). در بوم شناسی سیمای سرزمین، معمولاً

ناهمگنی به عنوان الگوی سیمای سرزمین یا ساختار سیمای سرزمین اشاره شده است و به طور کلی تغییرات سیمای سرزمین اشاره به تغییرات الگوی سیمای سرزمین در طول زمان دارد. امروزه بوم‌شناسان سیمای سرزمین بیشتر به ساختار سیمای سرزمین توجه دارند تا تغییرات سیمای سرزمین (۱۷). ساختار و تغییرات سیمای سرزمین را می‌توان با استفاده از الگوهای ناهمگنی پیوسته یا گسسته، مورد مطالعه قرار داد. بسیاری از این رویکردها فرض می‌کنند که سیمای سرزمین متشکل از اشیاء یا لکه‌هایی گسسته است که متعلق به طبقات یا شرایط سیستمی خاصی هستند و این لکه‌ها یا یک زمینه همگن جاسازی شده‌اند (۱۶). نمایش گسسته سیمای سرزمین در طیف وسیعی از موضوعات بوم‌شناسی سیمای سرزمین بسیار موفق بوده است که عبارت‌اند از؛ تکه‌تکه شدگی زیستگاه (۱۹)، توصیف سیمای سرزمین (۱۸)، پایش تغییرات سیمای سرزمین (۲۲) و حفاظت (۳۲). با وجود این، گفته می‌شود که بسیاری از پدیده‌های طبیعی ممکن است در درجه اول ماهیتی پیوسته و دارای شیب تدریجی داشته باشند و نمی‌توان آن‌ها را به صورت گسسته نمایش داد (۸، ۲۵ و ۲۹). برخلاف الگوی گسسته، الگوی شیب تدریجی، تغییرات تدریجی یک پدیده را نشان می‌دهد. مفاهیم شیب تدریجی در نمایش بسیاری از ویژگی‌های سیمای سرزمین نسبت به مفهوم گسسته الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه مناسب‌تر هستند (۸ و ۲۵) زیرا طبقه‌بندی متغیرهای پیوسته به واحدهای گسسته، منجر به کاهش اطلاعات می‌شود.

الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه

بوم‌شناسی سیمای سرزمین امروزی مبتنی بر الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه است که در آن سیمای سرزمین به عنوان مجموعه‌ای از لکه‌های گسسته مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (۱۶ و ۳۳). در این الگو که توسط فرمن و گودرون (۱۵) ارائه گردید، ساختار سیمای سرزمین به سه عنصر اصلی پس‌زمینه، راهرو و لکه خلاصه شده است. در این الگو، سیمای سرزمین به وسیله لکه، راهرو و پس‌زمینه توصیف می‌گردد و

این سه عنصر به طور مستقیم بر الگوها و جریان‌های درون سیمای سرزمین تأثیر می‌گذارند. یک لکه به عنوان یک ناحیه غیرخطی نسبتاً همگن تعریف گردیده است که با محیط اطراف خود تفاوت دارد (۱۶ و ۱۷). یک قطعه زمین جنگلی که توسط زمین‌های کشاورزی احاطه شده، به عنوان یک لکه در نظر گرفته می‌شود. راهروها عناصر خطی سیمای سرزمین هستند که بر اساس ساختار یا کاربرد تعریف می‌شوند. راهرو به عنوان منطقه‌ای خطی بیان می‌گردد که از پوششی خاص تشکیل گردیده و از نظر محتوا و ساختار فیزیکی با زمینه‌اش تفاوت دارد. پس‌زمینه، تیپ پوششی چیره یا غالب در سیمای سرزمین است که گسترده‌ترین و پیوسته‌ترین عنصر در سیمای سرزمین است (۱۶). در چند دهه اخیر با الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه به عنوان یک الگوی کارآمد، پیشرفت‌های سریعی در کمی‌سازی الگوهای سیمای سرزمین به وجود آمده است. سادگی الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه، سازگاری آن با الگوهای داده‌ای در سامانه اطلاعات جغرافیایی مانند چندضلعی‌ها و در دسترس بودن داده‌های سنجش از دور همراه با روش‌های طبقه‌بندی، منجر به استفاده گسترده و فراتر از حد انتظار از این الگو شده است. رویکرد موزاییک لکه تنها نمایشی دو بعدی از ساختار سیمای سرزمین را نمایش می‌دهد، اگرچه تلاش‌هایی به وسیله هوچستتر (۲۰) و استوپاریو (۳۱) به منظور ترکیب ابعاد بالاتر در نمایش سیمای سرزمین مبتنی بر الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه صورت گرفته است. محدودیت دیگر این رویکرد ناشی از ترسیم اجتناب‌ناپذیر لکه‌ها به وسیله مرزهای گسسته است. به هر حال در طبیعت مرزهای آشکار میان کاربری‌های مختلف نزدیک به هم نادر است. در عوض، تغییرات تدریجی یا اکوتون‌ها بیش‌تر به چشم می‌خورد. تبدیل مقادیر سنجنده‌ها به طبقات پوشش گیاهی یا کاربری اراضی مستعد خطا است و محدودیت‌هایی از قبیل وضوح مکانی، زمان مشاهده، مقیاس و توانایی ما در تطابق زمینی داده‌های سنجش از دور را به همراه دارد؛ بنابراین اختلافی معنی‌دار میان نقشه‌های پوشش زمین مبتنی بر الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه و سیمای سرزمین واقعی وجود دارد. این اختلافات اغلب در

به گستره خانگی یا پراکنش، این نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه، سطحی پیوسته یا شیب تدریجی از مطلوبیت زیستگاه را ارائه می‌دهند. از سوی دیگر، نمایش‌های الگوی شیب تدریجی از سیمای سرزمین با خروجی خام سنجنده‌ها مشابهت دارد. این نقشه‌ها مشابه تصاویر رقومی هستند که در آن هر پیکسل نمایانگر ارزش بازتاب یک فرکانس خاص است. شاخص پوشش گیاهی NDVI مثالی خوب برای این موضوع است که نمایانگر مقدار پوشش گیاهی سبز است. به طور کلی، رویکرد شیب تدریجی در مقایسه با رویکرد الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه نیاز به فرضیات کمتری دارد و نمایشی واقعی‌تر از سیمای سرزمین ارائه می‌دهد. با این وجود، الگوهای شیب تدریجی، تنها یک متغیر از سیمای سرزمین را نمایش می‌دهند که می‌توان به ارتفاع، مطلوبیت زیستگاه یا تراکم پوشش گیاهی اشاره کرد. در الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه این پارامترها مطابق با یک کاربری یا یک طبقه هستند. الگوهای شیب تدریجی متعددی را می‌توان به منظور نمایش جنبه‌های مختلف یک سیمای سرزمین در یک نقشه شیب تدریجی رویهم‌گذاری و یکی کرد. عیب این الگو در نمایش سیمای سرزمین، سختی استخراج یا محاسبه معیارهای سیمای سرزمین از نقشه‌های پیوسته است. کمی‌سازی ویژگی‌های سیمای سرزمین توسط این الگو در مقایسه با معیارهای سیمای سرزمین مبتنی بر الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه، کمتر سراسر است. علاوه بر این تفسیر نتایج معیارهای حاصل از الگوی شیب تدریجی می‌تواند مشکل باشد.

تحلیل آماری خروجی‌های تکنیک پنجره متحرک

تجزیه و تحلیل شیب تدریجی از نقشه‌های طبقه‌بندی شده با رویکرد پنجره متحرک انجام گردید (۲۵). این رویکرد پنجره‌ای با شکل و اندازه‌ای خاص را در سرتاسر یک نقشه رستری حرکت می‌دهد و به ترتیب مقدار معیار سیمای سرزمین محاسبه شده در آن پنجره را به هر سلولی که در مرکز پنجره قرار گرفته است، اختصاص می‌دهد. بنابراین مقدار هر سلول از نتیجه نقشه رستری الگوی شیب تدریجی، ویژگی‌های

تجزیه و تحلیل‌های بعدی نادیده گرفته می‌شوند و این ممکن است دلیل بینش‌های محدودی باشد که تاکنون از کمی‌سازی بوم‌شناسی سیمای سرزمین به دست آمده است.

الگوی شیب تدریجی

افزایش آگاهی از محدودیت‌های الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه، نبود ارتباط معنی‌دار میان شاخص‌های سیمای سرزمین مبتنی بر این الگو و متغیرهای پاسخ اکولوژیکی، موجب ایجاد انگیزه برای جستجوی رویکردهای جایگزین در حمایت از کمی‌سازی ساختار سیمای سرزمین شد. این تلاش‌ها منجر به توسعه و شناخت الگوی شیب تدریجی توسط مولر (۲۶)، مک‌گریگال و کیوشمن (۲۵) و مک‌گریگال و همکاران (۲۶) شد. الگوی شیب تدریجی، ساختار سیمای سرزمین را به صورت پیوسته در الگوی داده‌ای رستری نمایش می‌دهد؛ بنابراین، هر سلول یا پیکسل از داده رستری، کوچک‌ترین واحد همگن و واحد مکانی گسسته است که نمایش تغییرات پیوسته ویژگی‌های درون سیمای سرزمین را میسر می‌سازد. الگوی شیب تدریجی هیچ فرضیه‌ای را درباره شکل، اندازه و وضعیت مناطق همگن در نظر نمی‌گیرد و نیازی به ترسیم و تعریف مرزهای آشکار میان اینگونه مناطق ندارد. نمایش‌های سیمای سرزمین مبتنی بر الگوی شیب تدریجی حاوی اطلاعات خیلی بیشتری هستند و بنابراین نمایشی بسیار واقعی‌تر از سیمای سرزمین را ارائه می‌دهد (۲۱). همچنین، الگوی شیب تدریجی به طور ضمنی نمایش بعد سوم ساختار سیمای سرزمین را مقدور می‌سازد. بعد سوم در محدوده مقدار یک متغیر خاص قرار گرفته است، مانند مطلوبیت زیستگاه، ارتفاع یا رطوبت خاک. نمایش سیمای سرزمین بر اساس الگوی شیب تدریجی به وسیله دو رویکرد انجام می‌شود؛ تجزیه و تحلیل شیب تدریجی متغیرهای سیمای سرزمین از نقشه‌های طبقه‌بندی شده و استفاده از داده‌های میدانی پیوسته که معمولاً از داده‌های سنجش از دور به دست می‌آیند (۱۱). یک مثال خوب برای نمایش سیمای سرزمین بر اساس الگوی شیب تدریجی، نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها است. بسته

رستری است که هر پیکسل آن نمایانگر مقدار معیار محاسبه شده برای نقشه ورودی است.

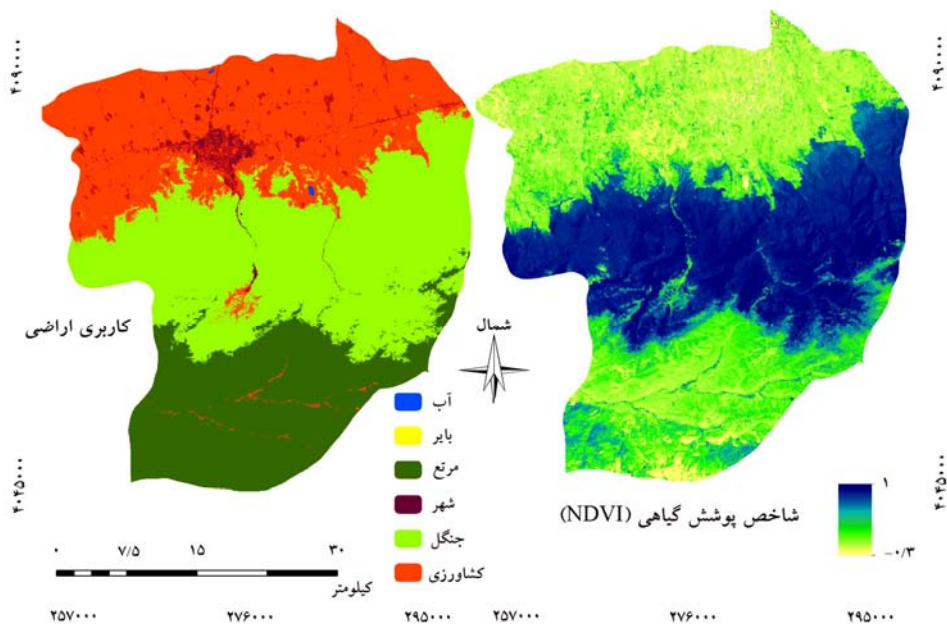
به منظور مقایسه خروجی‌های حاصل از تکنیک پنجره متحرک ۱۰۰۰۰ نقطه تصادفی بر روی هر تصویر هر شاخص ایجاد گردید. پس از استخراج مقادیر مربوط هر شاخص به منظور تعیین توزیع آماری آن‌ها از نرم‌افزار مینی‌تب استفاده گردید. جهت تعیین توزیع هر گروه از داده‌ها آزمون نرمال سنجی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ درصد بکارگرفته شد. در صورتیکه مقدار p-value در آزمون نرمال بودن داده‌ها کمتر از ۰/۰۵ درصد باشد، بیانگر اینست که داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند و از این‌رو نمی‌توان از آزمون‌های پارامتری مانند ضریب همبستگی پیرسون به منظور مقایسه همبستگی میان تصاویر خروجی استفاده کرد، لذا بدین منظور از آزمون‌های ناپارامتری مانند ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده می‌گردد. پس از اجرای تکنیک پنجره متحرک بر روی تصویر طبقه‌بندی شده و شاخص NDVI، در نهایت برای هر کدام از معیارهای سیمای سرزمین دو تصویر رستری ایجاد می‌گردد که در مرحله بعد ارتباط آماری میان این دو تصویر بررسی می‌گردد.

نتایج

شاخص پوشش گیاهی و طبقات کاربری اراضی

پس اعمال الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال بر روی تصویر ماهواره اسپات ۱۳۸۹، نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در شش طبقه؛ کاربری‌های کشاورزی، جنگل‌داری، توسعه شهری، مرتع، مناطق بایر و پهنه‌های آبی تهیه گردید. نقشه طبقات کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی در شکل ۳ آورده شده است. ضریب کاپای نقشه طبقه‌بندی شده ۰/۹۲ است.

خاصی را نشان می‌دهد که به وسیله معیار سیمای سرزمین منتخب درون محدوده آن پنجره به دست آمده است. اندازه پنجره را می‌توان با توجه به مقیاس و مقدار مورد نظر هر سلول واحد در نقشه رستری بدست آمده از الگوی شیب تدریجی تعیین نمود. در این مطالعه، این تکنیک به منظور مقایسه رویکردهای گسسته و پیوسته در کمی‌سازی تکه‌تکه شدگی جنگل در شهرستان گرگان بکار گرفته شد. بدین منظور از نقشه کاربری اراضی حاصل از تصویر ماهواره اسپات و شاخص پوشش گیاهی NDVI حاصل از تصویر ماهواره لندست در سال ۱۳۸۹ استفاده شد. تکنیک پنجره متحرک را می‌توان با استفاده از نرم‌افزار فرگ‌استتس (FRAGSTATS) در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین انجام داد. از آنجایی که مقادیر بازتاب پوشش گیاهی در شاخص NDVI تنها ناشی از گستره جنگل در این منطقه است، از اینرو تجزیه و تحلیل تکه‌تکه شدگی تنها در کاربری جنگل صورت گرفت. پس از تعیین سطح ناهمگنی، نیاز است تا اندازه و نوع پنجره مورد نظر تعیین گردد. نرم‌افزار فرگ‌استتس این تکنیک را به دو شکل دایره‌ای و مربعی به عمل می‌رساند. در صورت انتخاب پنجره دایره‌ای باید شعاع دایره مورد نظر تنظیم گردد و اگر شکل مربعی انتخاب گردد باید طول آن را تعیین نمود. در این مطالعه از پنجره مربعی با اندازه‌های ۶۰، ۹۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ متر به منظور محاسبه معیارهای سیمای سرزمین استفاده گردید. ابتدا نقشه کاربری جنگل حاصل از طبقه‌بندی تصویر ماهواره اسپات به نرم‌افزار معرفی گردید، سپس عملکرد هر کدام از این پنجره‌ها با انتخاب شش معیار سیمای سرزمین شامل درصد سیمای سرزمین (PLAND)، جداشدگی (SPLIT)، شکل سیمای سرزمین (LSI)، تجمع (AI)، اندازه مؤثر شبکه (MESH) و شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI) بر روی نقشه اراضی جنگلی اعمال شد. در مرحله دوم تصویر NDVI منطقه مورد مطالعه وارد گردید و مراحل قبلی بر روی این تصویر نیز اعمال گردید. خروجی هر کدام از این پنجره‌ها تصویری

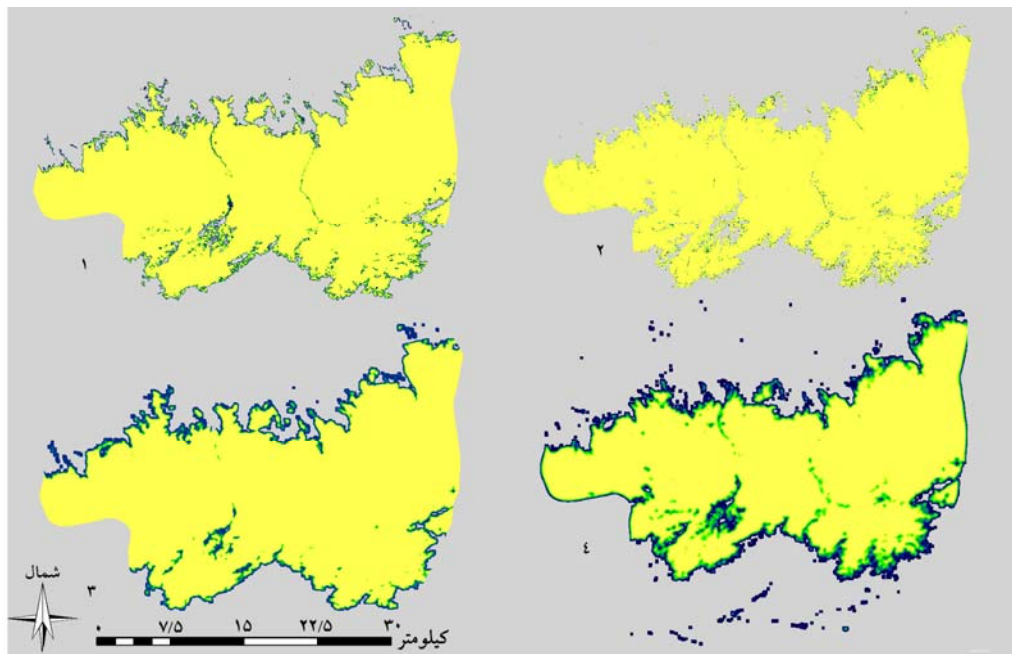


شکل ۳. شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و کاربری اراضی حاصل از ماهواره اسپات

توصیفی اختصاص داده می‌شود. خروجی داده‌ای رستری است که ارزش هر پیکسل نمایانگر مقدار معیار حاصله برای آن مکان است. خروجی تکنیک پنجره متحرک در اندازه پنجره‌های مختلف در شکل ۴ ارائه شده است.

تجزیه و تحلیل تکنیک پنجره متحرک

تجزیه و تحلیل پنجره متحرک برای محاسبه معیارهایی استفاده شد که در آن به هر پیکسل بر اساس پیکسل‌های همسایه در یک گستره مکانی از پیش تعریف شده، یک ارزش



شکل ۴. خروجی پنجره متحرک در اندازه و معیارهای مختلف: (۱) معیار LPI، اندازه پنجره ۶۰ متر، (۲) معیار AI، اندازه پنجره ۹۰ متر، (۳) معیار MESH، اندازه پنجره ۱۵۰ متر و (۴) معیار PLAND، اندازه پنجره ۳۰۰ متر

ارتباط آماری میان تصاویر معیارهای سیمای سرزمین

نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن در اندازه پنجره‌های ۶۰، ۹۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ در جدول ۱ آورده شده است. ضریب همبستگی اسپیرمن میان تمامی معیارها در اندازه پنجره ۶۰ متر مقدار قابل قبولی را ارائه نمی‌دهد، به طوری که کمترین مقدار همبستگی در شاخص شکل سیمای سرزمین (۰/۳۳) و بیش‌ترین مقدار آن (۰/۵۱) در شاخص‌های درصد سیمای سرزمین (PLAND) و جداشدگی (SPLIT) دیده می‌شود. هنگامی که اندازه پنجره به ۹۰ متر می‌رسد، همبستگی میان همه معیارها افزایش می‌یابد به طوری که شاخص‌های شکل سیمای سرزمین (LSI) و تجمع (AI) کمترین میزان همبستگی (۰/۴۵) و شاخص درصد سیمای سرزمین بیش‌ترین میزان (۰/۵۷) را از خود نشان دادند. افزایش همبستگی میان معیارها در اندازه پنجره ۱۵۰ افزایش چشمگیرتری دارد که شاخص‌های درصد سیمای سرزمین و جداشدگی بیش از سایر معیارها این افزایش (۰/۶۸) را نشان

می‌دهند و شاخص شکل سیمای سرزمین کمترین مقدار همبستگی (۰/۵۸) را به خود اختصاص داده است. با افزایش اندازه پنجره، مقدار همبستگی نیز افزایش می‌یابد. اگرچه این مقادیر تا اندازه پنجره ۱۵۰ متر پایین هستند اما هنگامی که اندازه پنجره به ۳۰۰ متر می‌رسد، مقادیر همبستگی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابند که در این مرحله معیارهای درصد سیمای سرزمین، جداشدگی و تجمع به ترتیب دارای ۰/۸۰/۸۱ و ۰/۷۸ درصد همبستگی هستند. به طور کلی معیارهای اندازه مؤثر شبکه (MESH) و شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI) نسبت به سایر شاخص‌ها کمترین میزان همبستگی را از خود نشان دادند. معیار شکل سیمای سرزمین در اندازه پنجره‌های کمتر از ۱۵۰ متر، دارای کمترین مقدار همبستگی است اما در اندازه پنجره ۳۰۰ متر مقدار قابل قبولی را ارائه می‌دهد.

جدول ۱. ضریب همبستگی اسپیرمن در اندازه پنجره‌های مختلف

آزمون نرمال بودن (p-value)	اندازه پنجره				همبستگی اسپیرمن
	۳۰۰	۱۵۰	۹۰	۶۰	
۰/۰۱	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۵۴	۰/۴۹	اندازه مؤثر شبکه (MESH)
۰/۰۱	۰/۸۱	۰/۶۸	۰/۵۷	۰/۵۱	درصد سیمای سرزمین (PLAND)
۰/۰۱	۰/۷۸	۰/۵۹	۰/۴۵	۰/۳۶	تجمع (AI)
۰/۰۱	۰/۶۹	۰/۶۱	۰/۵۴	۰/۴۹	شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI)
۰/۰۱	۰/۸۰	۰/۶۸	۰/۵۶	۰/۵۱	جداشدگی (SPLIT)
۰/۰۱	۰/۷۷	۰/۵۸	۰/۴۵	۰/۳۳	شکل سیمای سرزمین (LSI)

مقایسه دو الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه و شیب تدریجی

به منظور استفاده از رویکردهای پیوسته و گسسته برای کمی‌سازی و درک الگوهای سیمای سرزمین، معایب و مزیت‌های الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه و الگوی شیب

تدریجی مقایسه گردیدند. مزیت‌ها و معایب این دو رویکرد در کمی‌سازی الگوهای سیمای سرزمین ارائه می‌دهد در جدول ۲ ارائه شده است.

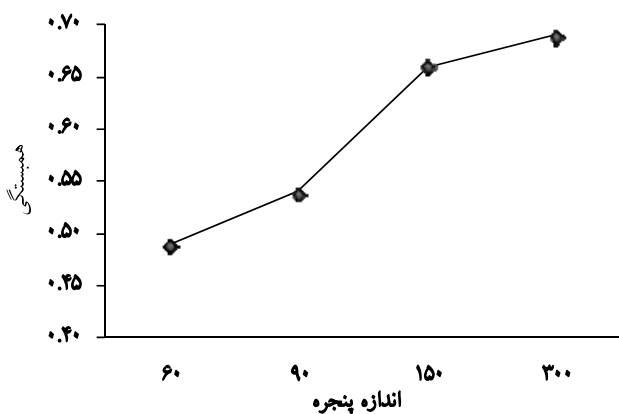
جدول ۲. مقایسه الگو لکه-کریدور-بستر و الگو شیب تدریجی

معایب	مزیت‌ها	الگو
<p>گسسته‌سازی منجر به کاهش ناهمگنی درونی داخل لکه‌ها می‌شود که ممکن است منجر به کاهش اطلاعات مهم اکولوژیکی شود (۲۶). مرزهای غیرواقع بینانه میان لکه‌ها. روش طبقه‌بندی کاربری اراضی تأثیر زیادی بر نتایج نهایی معیارهای سیمای سرزمین دارد. داده‌ها و طبقه‌بندی‌ها تأثیر زیادی بر تجزیه و تحلیل کمی دارد (۷). گستره‌های مختلف سیمای سرزمین منجر به غیرقابل مقایسه بودن کمی‌سازی‌های میان بخش‌های سیمای سرزمین می‌شود (۷ و ۲۲). فقدان استانداردهای قابل قبول برای طبقه‌بندی کاربری اراضی (۲۱). نیازمند مهارت‌های فراوان در GIS و سنجش از دور. نسبت به الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه کمتر شهودی است (۲۱). ایجاد حجم وسیعی از داده‌ها و چندبعدی بودن داده‌ها. نیاز به ذخیره داده‌های زیاد و ظرفیت محاسبه بالا. عدم معیارهای پیوسته استاندارد برای این الگو.</p>	<p>رویکردی سراسر، قابل درک و سهولت در استفاده (۱۲ و ۳۷). کمی‌سازی ساده و سراسر ویژگی‌های الگو به وسیله معیارهای سیمای سرزمین. نیازهای مفهومی در حد متوسط است. فن‌های توسعه داده شده و قابل درک برای این الگو (۲۶). عدم از بین رفتن اطلاعات در نتیجه ساده‌سازی، تجمع و فرضیات. عدم نیاز به فرض درباره به تصویر کشیدن مناطق همگن و مرزهای واضح میان لکه‌ها (۱۱). دربرگیرنده روش‌های چند متغیره و زمین‌آماری قدرتمند. روش قوی و انعطاف‌پذیر برای تجزیه و تحلیل‌های ارگانسیم‌گرای (۲۵).</p>	<p>الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه</p> <p>الگوی شیب تدریجی</p>

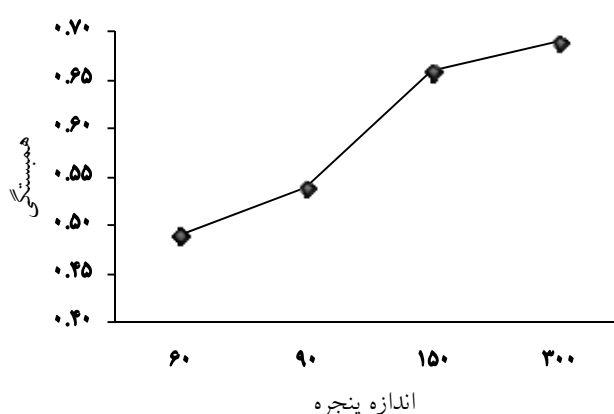
همبستگی شاخص پوشش گیاهی NDVI و نقشه‌های طبقه‌بندی شده با اندازه پنجره

نتایج حاصل از تکنیک پنجره متحرک نشان داد با افزایش اندازه پنجره، همبستگی میان معیارهای بدست آمده از شاخص پوشش گیاهی NDVI و نقشه‌های طبقه‌بندی شده افزایش می‌یابد (شکل‌های ۵ تا ۱۰). نتایج مقادیر همبستگی شاخص‌ها

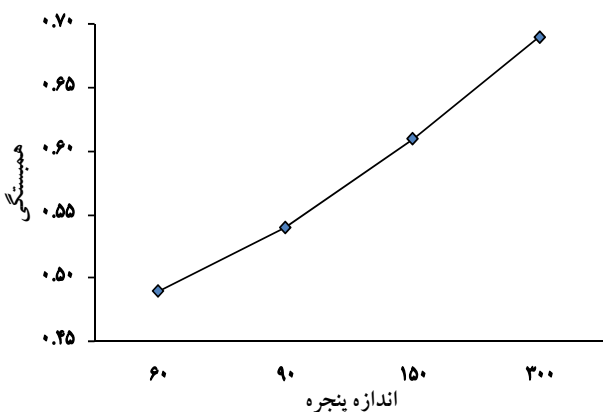
و اندازه پنجره متناظر با آن‌ها نشان می‌دهد که با افزایش اندازه پنجره مشابه بوده، شاخص‌های اندازه مؤثر شبکه و شاخص بزرگ‌ترین لکه بیش‌ترین شباهت را با یکدیگر دارند به طوری که در اندازه پنجره‌های ۶۰ و ۳۰۰ متر اعداد یکسانی را ارائه می‌دهند.



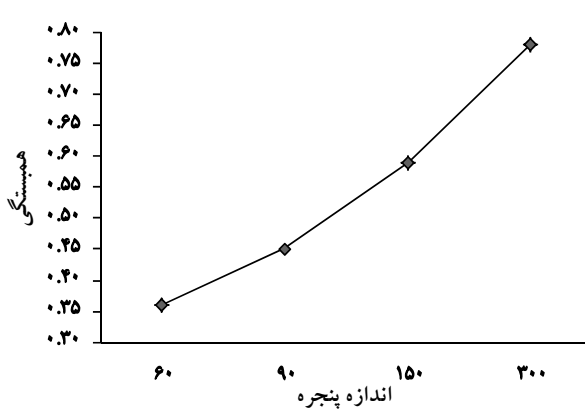
شکل ۶. ضرایب همبستگی اسپیرمن برای معیار درصد سیمای سرزمین



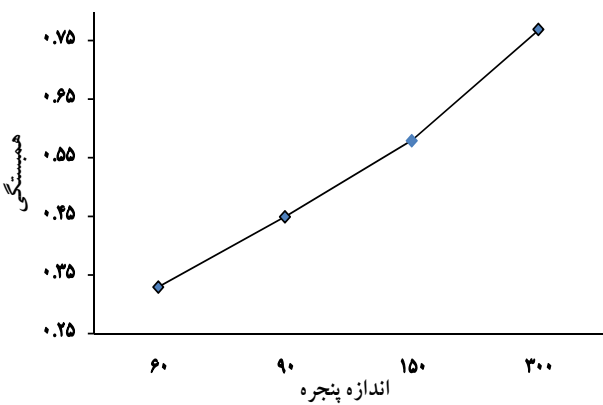
شکل ۵. ضرایب همبستگی اسپیرمن برای معیار اندازه مؤثر شبکه



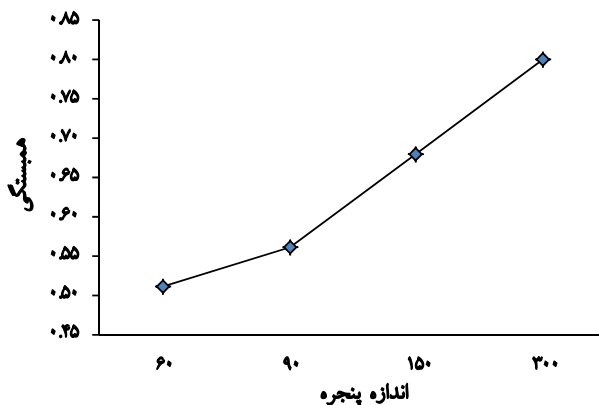
شکل ۸. ضرایب همبستگی اسپیرمن برای شاخص بزرگ‌ترین لکه



شکل ۷. ضرایب همبستگی اسپیرمن برای معیار تجمع



شکل ۱۰. ضرایب همبستگی اسپیرمن برای شاخص شکل سیمای سرزمین



شکل ۹. ضرایب همبستگی اسپیرمن برای معیار جداشدگی

کارآمد در این رشته تبدیل شده است. اگرچه این الگو توسط بوم‌شناسان سیمای سرزمین در مطالعات بسیاری به کار گرفته شده است و موجب پیشرفت‌های سریعی در کمی‌سازی ساختارهای سیمای سرزمین شده است، اما عقیده بر این است

بحث و نتیجه‌گیری

بوم‌شناسی سیمای سرزمین در دهه‌های اخیر، به عنوان مطالعه ناهمگنی مکانی و زمانی و به وجود آمده است. در این راستا، الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه سیمای سرزمین به الگویی

ماینت (۱۳) نیز در مطالعه‌ای که به منظور مقایسه شاخص‌های همبستگی مکانی و معیارهای سیمای سرزمین انجام گرفت، اندازه پنجره را در تجزیه و تحلیل پنجره متحرک ۳۳۰ متر در نظر گرفتند. اندازه پنجره مشابه نیز توسط ماینت و همکاران (۲۸) به منظور بررسی تأثیر پوشش گیاهی در کاهش دمای سطحی محدوده شهری فینیکس پیشنهاد شده بود. کارایی تکنیک پنجره متحرک در کمی‌سازی الگوهای سیمای سرزمین در مطالعات داخلی نیز تأیید گردیده است، مطالعات سفیانیان و همکاران (۳) و مختاری و همکاران (۵) نشان داد که این تکنیک از توانایی بالایی در توصیف سیمای سرزمین شهر برخوردار است. آنچه که در این پژوهش می‌توان به عنوان نوآوری در کاربرد تکنیک پنجره متحرک دانست بکارگیری این تکنیک در شاخص‌های پوشش گیاهی مانند NDVI است. تمامی مطالعاتی که این تکنیک را در توصیف الگوهای سیمای سرزمین بکار گرفته‌اند از نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده نموده‌اند اما در این پژوهش این تکنیک نه تنها در نقشه طبقه‌بندی شده در سطح جنگل بکارگرفته شد بلکه به طور مستقیم بر روی شاخص پوشش گیاهی NDVI در همین سطح بکار رفت. هدف این فرآیند نشان دادن توانایی این تکنیک در محاسبه معیارهای سیمای سرزمین بدون نیاز به طبقه‌بندی بود که نتایج نشان دادند که همبستگی خروجی‌های حاصل از این تکنیک با افزایش اندازه پنجره، افزایش می‌یابد. افزایش اندازه پنجره بدین معناست که سلول‌های بیش‌تری در محاسبه معیار مورد نظر دخالت داده می‌شوند به عنوان مثال در اندازه پنجره ۹۰ متر تنها ۸ سلول مجاور سلول میانی در محاسبه معیار سیمای سرزمین به کار گرفته می‌شوند بنابراین، با افزایش اندازه پنجره سلول‌های بیش‌تری در این محاسبات گنجانده می‌شوند که در اندازه پنجره ۳۰۰ متر در این مطالعه و ۳۳۰ متر در مطالعات خارجی (۱۳ و ۲۸) همبستگی میان تمامی معیارها افزایش می‌یابد. اگرچه این همبستگی‌ها بسیار بالا نیستند اما ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که اولاً همبستگی پایین در اندازه پنجره‌های پایین مشاهده می‌شود بدین معنا که استفاده از اندازه پنجره ۳۳۰ متر موجب کاهش خطا و بالا رفتن صحت

که پیشرفت‌های بیشتر در بوم‌شناسی سیمای سرزمین به وسیله فقدان روش‌ها و ابزارهایی که بتوان پدیده‌های اکولوژیکی را به طور پیوسته مورد بررسی قرار داد، محدود شده است (۲۵). شاخص‌های سیمای سرزمین فراوانی به منظور کمی‌سازی جنبه‌های مختلف مکانی و ترکیبی ساختارهای سیمای سرزمین، بر اساس الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه توسعه داده شده است با این وجود، فاکتورهای زیادی وجود دارد که بر صحت و کاربرد آن‌ها تأثیرگذار است، از جمله این موارد می‌توان به صحت منبع داده، اثر مقیاس، تفسیر بوم‌شناسی و سیستم طبقه‌بندی کاربری اراضی اشاره کرد (۲۳). همچنین، عدم قطعیت مربوط به طبقه‌بندی می‌تواند قابلیت اطمینان معیارهای سیمای سرزمین به دست آمده از نقشه‌های موضوعی را با مشکل مواجه سازد (۱۳).

تمامی مواردی که ذکر آن رفت بیانگر این است که الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه نمی‌تواند نمایشی واقعی از ناهمگنی سیمای سرزمین ارائه بدهد و در نتیجه منجر به کاهش اطلاعات اکولوژیکی می‌شود. یکی دیگر از مشکلات این الگو این است که بعد سوم متغیرها مانند ناهمواری سطح، شکل زمین، تغییرپذیری ارتفاع (۲۰) و شدت متغیر پیش‌بینی (۲۵) را در نظر نمی‌گیرد، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تکنیک پنجره متحرک در اندازه‌های بالاتر از ۳۰۰ متر به خوبی با نتایج حاصل از طبقه‌بندی سازگار است. با توجه به شکل ۷، آنچه که بیش از هر چیز در تصاویر حاصل از پنجره متحرک به چشم می‌خورد یکنواختی مقادیر این خروجی‌ها است که تنها در حاشیه و مرز کاربری جنگل مقادیر شاخص‌ها اندکی تفاوت دارد؛ بنابراین طبیعی است که هیچ‌کدام از این تصاویر از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند (جدول ۱). بیش‌تر منطقه نسبتاً همگن بوده و تراکم درختان در این نواحی زیاد است بنابراین تنها در اکوتون‌ها و جاهایی که تراکم درختان کاهش می‌یابد شاهد تغییرپذیری مقادیر مربوط به هر شاخص هستیم. با توجه به جدول ۱ هرچه اندازه پنجره افزایش می‌یابد، تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی حاصل از شاخص‌های پیوسته مانند NDVI و ارتباط آن‌ها با الگوهای گسستگی مکانی افزایش می‌یابد. فان و

دست می‌آیند، پرداخته‌اند. اگرچه تعداد این مطالعات بسیار کم است اما بینشی ارزشمند را به دنیای بوم‌شناسی سیمای سرزمین ارزانی کرده‌اند. این چالش مهم در اندازه‌گیری ناهمگنی مکانی نیز برای اولین بار در ایران در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت.

مقادیر تمامی شاخص‌ها در تمام پنجره‌ها، اختلاف اندکی را با یکدیگر دارند که ناشی از بالا بودن همبستگی در میان این شاخص‌ها است. با همه این تفاسیر می‌توان تکنیک پنجره متحرک را به عنوان ابزاری کارآمد در کمی‌سازی ناهمگنی در نظر گرفت. اگرچه، این ابزار نیز مانند سایر ابزارها خالی از عیب نیست و تنها بخشی از ناهمگنی سیمای سرزمین را در بر می‌گیرد. همچنین این تکنیک را نمی‌توان در تجزیه و تحلیل همه کاربری‌ها بکارگرفت و بیش‌تر در شاخص‌های پوشش گیاهی استفاده می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ا.، م. طاطیان، ر. تمرتاش، ح. یگانه و ی. عصری. ۱۳۹۵. بررسی پوشش گیاهی اراضی شور دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۷(۱): ۱-۱۲.
۲. رحیمی، ا.، ع. ر. سلمان‌ماهینی، ح. میرکریمی. ح. ر. کامیاب و س. سلطانیان. ۱۳۹۵. مقایسه وضوح مکانی تصاویر اسپات و لندست در تعیین تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۷(۱): ۱۳-۲۵.
۳. سفیانیان، ع. ر.، ز. مختاری، س. ج. خواجه‌الدین و ح. ر. ضیایی. ۱۳۹۲. تحلیل گرادیان الگوی سیمای سرزمین شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۵(۱): ۸۷-۱۰۴.
۴. فاضلی‌فارسانی، ا.، ر. قضاوی و م. ح. فرزانه. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های ادغام تصاویر (مطالعه موردی: زیرحوزه بهشت‌آباد). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۶(۱): ۹۱-۱۰۵.

نتایج می‌گردد، ثانیاً مقایسات در این تکنیک میان تصویر طبقه‌بندی شده اسپات و شاخص پوشش گیاهی حاصل از تصویر لندست انجام پذیرفته است، تصویر ماهواره اسپات قدرت تفکیک مکانی بهتری نسبت به تصویر ماهواره لندست دارد و نتایج حاصل از طبقه‌بندی این تصاویر با یکدیگر تفاوت بسیاری دارد (۲) اما با این وجود تکنیک پنجره متحرک نشان داد که اگر به طور مستقیم از تصاویر لندست استفاده نماییم می‌توانیم نتایج مورد قبولی را ارائه بدهیم. توانایی شاخص پوشش گیاهی NDVI در بررسی پوشش‌های گیاهی مختلف مورد تأیید واقع گردیده است (۱) این شاخص در طیف وسیعی از مطالعات شهری و جنگلی به کارگرفته شده است و اکثر این مطالعات کارایی این شاخص را تأیید کرده‌اند. در این پژوهش نیز این شاخص به خوبی قادر به تفکیک کاربری جنگل در شهرستان گرگان گردید تا بتوانیم تکنیک پنجره متحرک را با اطمینان بیش‌تری بکار بگیریم. به طور کلی، با توجه به نتایج این مطالعه و سایر مطالعات، مهم‌ترین عامل به هنگام استفاده از تکنیک پنجره متحرک در مقایسه رویکردهای پیوسته و گسسته اندازه پنجره است که معمولاً این اندازه بالای ۳۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود. معیارهای سیمای سرزمینی که در این مطالعه نیز بررسی گردیدند در اندازه پنجره‌های مختلف، مقادیر همبستگی متفاوتی را نشان دادند. لذا به هنگام استفاده از این معیارها در رویکرد پیوسته نیاز است تا میزان حساسیت این معیارها به اندازه پنجره در نظر گرفته شود.

برخی از بوم‌شناسان سیمای سرزمین بر این باورند که کمی‌سازی الگوهای سیمای سرزمین در چارچوب الگوی لکه، راهرو و پس‌زمینه نمی‌تواند گویای تمام واقعیت‌های نهفته در سیمای سرزمین باشد. هنگامی که یک تصویر با طیف وسیعی از اعداد در چند طبقه کاربری اراضی خلاصه می‌شود، اطلاعات کاهش می‌یابد و در نتیجه برداشت‌های بعدی از نتایج تکه‌تکه شدگی نیز با مشکل همراه خواهد بود. در سال‌های اخیر، برخی از مطالعات به مقایسه معیارهای گسسته که مبتنی بر طبقه‌بندی هستند و معیارهای پیوسته که به طور مستقیم از برخی داده‌ها مانند تصاویر ماهواره‌ای، ارتفاع، شیب و جهت به

- ecology. *BioScience*, 31(10): 733-740.
16. Forman RT. 1995. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge. 632 pp.
 17. Gustafson EJ. 1998. Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystems*, 1(2): 143-156.
 18. Haines-Young R, Chopping M. 1996. Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes. *Progress in Physical Geography*, 20(4): 418-445.
 19. Hargis CD, Bissonette JA, David JL. 1998. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecology*, 13(3): 167-186.
 20. Hoehstetter S, Walz U, Dang L, Thinh N. 2008. Effects of topography and surface roughness in analyses of landscape structure - a proposal to modify the existing set of landscape metrics. *Landscape Online*, 3(1): 1-14.
 21. Lausch A, Blaschke T, Haase D, Herzog F, Syrbe R-U, Tischendorf L, Walz U. 2015. Understanding and quantifying landscape structure—A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. *Ecological Modelling*, 295(1): 31-41.
 22. 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.
 23. Liu D, Hao S, Liu X, Li B, He S, Warrington D. 2013. Effects of land use classification on landscape metrics based on remote sensing and GIS. *Environmental Earth Sciences*, 68(8): 2229-2237.
 24. Luck M, Wu J. 2002. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology*, 17(4): 327-339.
 25. McGarigal K, Cushman SA. 2005. The gradient concept of landscape structure. In: Wiens, J., Moss, M. (Eds.), *Issues and Perspectives in Landscape Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 112-119.
 26. McGarigal K, Tagil S, Cushman SA. 2009. Surface metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape Ecology*, 24(3): 433-450.
 27. Müller F. 1998. Gradients in ecological
 5. مختاری، ز.، ع. ر. سفینیان، س. ج. خواجه‌الدین و ح. ر. ضیایی. ۱۳۹۱. کمی کردن اثرات جاده بر الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان با استفاده از آنالیز گرادیان و متریک‌های سیمای سرزمین. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۷(۱): ۱-۲۰.
 6. مخدوم، م.، ع. ا. درویش‌صفت، ه. جعفرزاده و ع. ر. مخدوم. ۱۳۹۲. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۴ صفحه.
 7. Bailey D, Herzog F, Augenstein I, Aviron S, Billeter R, Szerencsits E, Baudry J. 2007. Thematic resolution matters: indicators of landscape pattern for European agroecosystems. *Ecological Indicators*, 7(3): 692-709.
 8. Bolliger J, Mladenoff DJ. 2005. Quantifying spatial classification uncertainties of the historical Wisconsin landscape (USA). *Ecography*, 28(2): 141-156.
 9. Botequila Leitão A, Miller J, Ahern J, McGarigal K. 2006. *Measuring Landscapes: A Planner's Handbook*. Island Press. Washington, DC. 245 pp. ISBN: 1-55963-899-0.
 10. Buyantuyev A, Wu J. 2010. Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns. *Landscape Ecology*, 25(1): 17-33.
 11. Cushman SA, Gutzweiler K, Evans JS, McGarigal K. 2010. The gradient paradigm: a conceptual and analytical framework for landscape ecology. In: *Spatial complexity, informatics, and wildlife conservation*. Springer, pp 83-108.
 12. Cushman SA, McGarigal K, Neel MC. 2008. Parsimony in landscape metrics: strength, universality, and consistency. *Ecological Indicators*, 8(5): 691-703.
 13. Fan C, Myint S. 2014. A comparison of spatial autocorrelation indices and landscape metrics in measuring urban landscape fragmentation. *Landscape and Urban Planning*, 121(1): 117-128.
 14. Foody GM. 1996. Approaches for the production and evaluation of fuzzy land cover classifications from remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7): 1317-1340.
 15. Forman RT, Godron M. 1981. Patches and structural components for a landscape

- Ecology, 3(3-4): 153-162.
35. Turner MG. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20(1): 171-197.
 36. Turner MG. 1990. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 4(1): 21-30.
 37. Turner MG. 2005. Landscape ecology: what is the state of the science? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36(1): 319-344.
 38. Turner RE, Rabalais NN, Justic D, Dortch Q. 2003. Global patterns of dissolved N, P and Si in large rivers. *Biogeochemistry*, 64(3): 297-317.
 39. Uuemaa E, Antrop M, Roosaare J, Marja R, Mander Ü. 2009. Landscape metrics and indices: an overview of their use in landscape research. *Living Reviews in Landscape Research*, 3(1): 1-28.
 40. Wiens JA. 1989. *The ecology of bird communities, 2 – Processes and variations*. Cambridge University Press, Cambridge. 539 pp.
 41. Wu J, Hobbs R. 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology*, 17(4): 355-365.
 42. Wu JJ. 2008. Making the case for landscape ecology an effective approach to urban sustainability. *Landscape Journal*, 27(1): 41-50.
 28. Myint SW, Brazel A, Okin G, Buyantuyev A. 2010. Combined effects of impervious surface and vegetation cover on air temperature variations in a rapidly expanding desert city. *GIScience & Remote Sensing*, 47(3): 301-320.
 29. Regan HM, Colyvan M, Burgman MA. 2000. A proposal for fuzzy International Union for the Conservation of Nature (IUCN) categories and criteria. *Biological Conservation*, 92(1): 101-108.
 30. Rocchini D, Metz M, Ricotta C, Landa M, Frigeri A, Neteler M. 2013. Fourier transforms for detecting multitemporal landscape fragmentation by remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 34(24): 8907-8916.
 31. Stupariu M, Pătru-Stupariu I, Cuculici R. 2010. Geometric approaches to computing 3D-landscape metrics. *Landscape Online*, 24(1): 1-12.
 32. Thompson CM, McGarigal K. 2002. The influence of research scale on bald eagle habitat selection along the lower Hudson River, New York (USA). *Landscape Ecology*, 17(6): 569-586.
 33. Turner MG, Gardner RH, O'Neill RV. 2001. *Landscape ecology in theory and practice*. Springer, New York. 406 pp.
 34. Turner MG, O'Neill RV, Gardner RH, Milne BT. 1989. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 108(1): 3-21.



A comparison of continuous and discrete indices in measuring Gorgan forest landscape fragmentation

E. Rahimi ^{1*}, A. R. Salman Mahini ², S. Soltanian ³

1. MSc. Graduated of Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

2. Assoc. Prof. College of Fisheries and Environmental Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

3. Lecturer, College of Natural Resources and Environment, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 September 2016

Accepted 25 October 2016

Available online 25 November 2016

Keywords:

Remote sensing

Moving window technique

Forest landscape fragmentation

Landscape metrics

ABSTRACT

Landscape ecology is mainly based on the patch-corridor-matrix model. Although this model is efficient and has been successfully used in landscape ecology studies, but it is believed that this model cannot consider the continuous heterogeneity. This fact has encouraged researchers in the field to find new indicators for landscape analysis in a continuous framework. The aim of this study is a comparison of continuous and discrete indices in measuring Gorgan forest landscape fragmentation based on the moving window technique. This technique was performed on a classified map derived from SPOT satellite image in year 2010 using a maximum likelihood algorithm and on NDVI vegetation index from a Landsat satellite image of the year 2010. Window sizes were considered in 60, 90, 150 and 300 meters and six landscape class-level metrics were selected for the comparison including LPI, LSI, SPLIT, MESH, AI and PLAND. To assess the correlation between the output images of each of these metrics, the Spearman rank correlation coefficient was used. The results of the statistical comparisons of different window sizes showed that the values of the correlation coefficient were increased with increasing window size, as the high correlation values were seen when the window size was 300m belonging to PLAND and SPLIT metrics. All of the metrics had minimum correlation values in the window size 60m and the LSI metric had the lowest correlation (0.33).

* Corresponding author e-mail address: ehsanrahimi666@gmail.com