بررسی تغییرات پوشش اراضی در منطقه مرکزی اصفهان با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین

ندا بی همتای طوسی* و علیرضا سفیانیان و سیما فاخران[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۲۷)

چکیده

آگاهی از روند تغییرات پوشش اراضی و کاربری اراضی خصوصاً در محدوده کلان‌شهرها طی دوره‌های زمانی طولانی برای برنامه‌ریزان و مدیران به منظور ارزیابی و پیش‌بینی مشکلات ناشی از این تغییرات حائز اهمیت است. سنجش از دور به همراه متریک‌های سیمای سرزمین ابزاری مناسب برای پایش تغییرات پوشش اراضی در مناطق شهری و محدوده آن می‌باشد. کلان‌شهر اصفهان طی چند دهه اخیر به واسطه رشد و مهاجرت جمعیت و توسعه صنایع، گسترش افقی وسیعی را داشته است. هدف از این مطالعه کمی کردن الگوهای سیمای سرزمین بخش مرکزی استان اصفهان (کلان‌شهر اصفهان) با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین و بررسی تغییرات در فاصله زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۹ است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش طبقه‌بندی نظارت شده (حداکثر احتمال)، نقشه پوشش اراضی برای این دو سال ۱۳۶۹و ۱۳۸۹ در پنج کلاس اصلی تهیه شد. به منظور کمی کردن الگوهای سیمای سرزمین متریک‌های درصد کاربری اراضی (PLAND) ، تعداد لکه (NP)، میانگین اندازه لکه (MPS) و تراکم لکه (PD) در سطح کلاس و شاخص تنوع شانون (SHDI) ، نمایه بزرگ‌ترین لکه (LPI)، متریک نزدیک‌ترین فاصله همسایگی(MNN) و پیوستگی (CONTAG) در سطح سیمای سرزمین محاسبه شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که طی سال‌ها درصد کلاس شهری به بیش از دو برابر رسیده است. کاهش میانگین اندازه لکه برای کلاس کشاورزی و بدون کاربری مشخص می‌کند که پدیده تخریب و تکه‌تکه‌شدگی در این کلاس‌ها بیشتر رخ‌داده است. در سطح سیمای سرزمین متریک میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه و تنوع شانون افزایش و شاخص بزرگ‌ترین لکه کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: رشد شهری، پوشش اراضی، الگوهای سیمای سرزمین، متریک‌های سیمای سرزمین، اصفهان

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nbihamta@yahoo.com

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]

مقدمه

امروزه بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان را جمعیت شهری تشکیل می‌دهد. در سال‌های اخیر شهرنشینی با رشد چشمگیری همراه بوده است به طوری که تقریباً در سال ۲۰۰۷ برای نخستین بار جمعیت شهرها از جمعیت روستانشینان بیشتر شده است و تخمین‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در سال ۲۰۳۰، ۶۰ درصد از جمعیت جهان را شهرنشینان تشکیل خواهند داد (۲۳). با رشد سریع جمعیت، مهاجرت از نواحی روستایی به حاشیه شهرها توازن اکولوژیک را مختل کرده است که این فرآیند از توسعه پایدار اجتماعی – اقتصادی هر ناحیه جلوگیری می‌کند (۲۱).

حرکت مناطق مسکونی و تجاری به سمت مناطق روستایی و کشاورزی در حاشیه مناطق شهری نشان‌دهنده رشد اقتصادی منطقه می‌باشد که این رشد به طور فزاینده‌ای اثرات سوء محیط‌زیستی دارد که شامل کاهش کیفیت آب و هوا، از بین رفتن اراضی طبیعی، تبدیل زمین‌های کشاورزی به مناطق مسکونی یا اراضی بایر و در نتیجه کاهش محصولات کشاورزی، فرسایش خاک و افزایش سیلاب، افزایش خطرات انقراض حیات وحش و تأثیرات اجتماعی – اقتصادی و هزینه‌های زیرساختی ایجاد می‌کند. تغییرات پوشش ارضی در حاشیه شهرها در واقع به توسعه سریع مناطق کم جمعیت بر می‌گردد (۲). شناخت و مطالعه این تغییرات و تأثیرات ناشی شده از آن توسط مدیران و سیاست‌گذاران ناحیه‌ای و محلی در راستای برنامه‌ریزی و رسیدن به توسعه پایدار ضروری است (۱). تغییرات در یک سیمای سرزمین نتیجه بر هم کنش‌های پیچیده بین نیروهای فیزیکی، زیستی، اقتصادی، سیاسی و اجتماعی است و چیدمان سیمای سرزمین حاصل، مخلوطی از لکه‌های طبیعی یا تأثیر پذیرفته از انسان در اندازه و شکل‌های متفاوت است (۲۰). بوم‌شناسی سیمای سرزمین به طور کلی به مطالعه تغییرات ناهمگنی مکانی سیمای سرزمین، ارتباطات و تبادلات اجزا در سیمای سرزمین، آثار ناهمگنی مکانی روی فرایندهای زیستی و غیرزیستی و مدیریت ناهمگنی‌های مکانی می‌پردازد (۲۲).

یک رویکرد غیرمستقیم برای تجزیه و تحلیل فرآیندهای شکل‌دهنده سیمای سرزمین، شناسایی ترکیب و ساختار سیمای سرزمین است. تعیین ناهمگنی‌های مکانی برای توضیح روابط بین فرآیندهای اکولوژیکی و الگوهای فضایی ضروری است. اولین گام برای شناخت سیمای سرزمین به طور علمی، کمی کردن الگوهای سیمای سرزمین است که نقش مهمی در فهم اساس سیمای سرزمین و تغییرات ممکن در آینده دارد. استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین یک روش مناسب برای کمی کردن سیمای سرزمین است که به فهمیدن بهتر روابط بین الگوهای سیمای سرزمین و فرآیندهای آن کمک می‌کند. متریک‌های زیادی برای کمی کردن ترکیب و ساختار سیمای سرزمین توسعه‌یافته‌اند. انتخاب متریک‌های مناسب به هدف مطالعه و خصوصیات سیمای سرزمین و ویژگی فرآیندهای اکولوژیک وابسته است (۱۰).

در حال حاضر طیف وسیعی از متریک‌های سیمای سرزمین برای بررسی روابط بین ساختار فضایی (مکانی) و توابع اکولوژیک سیمای سرزمین وجود دارد. متریک‌های سیمای سرزمین را می‌توان در سه سطح لکه (تنها برای لکه‌های منفرد تعریف شده)، کلاس (منظور از کلاس به همه لکه‌های که یک نوع کاربری را نشان می‌دهد) و سیمای سرزمین (همه نوع کلاس‌ها و لکه‌های موجود در سیمای سرزمین به صورت یکپارچه را شامل می‌شود.) دسته‌بندی کرد(۱۲). مطالعات نشان داده است که اغلب متریک‌های سیمای سرزمین روی نقشه‌های طبقه‌بندی شده پوشش/ کاربری زمین محاسبه شده است (۱۰). در چند دهه گذشته استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مطالعات پوشش اراضی گسترش فراوانی پیدا کرده است. برای مدیریت و پایش محیط‌زیست تهیه نقش پوشش/ کاربری اراضی یک نیاز اساسی است که می‌توان از آن در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها استفاده کرد (۴). با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین می‌توان الگوهای مکانی منطقه

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]

مـورد مطالعـه و تغییـرات آن را در ارتبـاط بـا فرآینـدهای شهرنشـینی مطالعـه کـرد و اثـر فرآینـدهای مـذکور را بـر خصوصیات محیط‌زیست تفسیر نمود، هم‌چنین از آنها می‌توان در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با رشد شهر، توزیـع کـاربری‌هـا و برنامه‌ریزی توسعه پایدار شهری بهره برد. در سال‌هـای اخیـر مطالعات زیادی از مزایای متریک‌های سیمای سـرزمین جهـت برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین بهره برده‌اند، بـه عنـوان مثـال جی (۱۵) با کمک متریک هـای سـیمای سـرزمین و داده هـای پوشش زمین در طی سه دوره زمانی برای کلان شـهر کانسـس نشان می‌دهد که زمین‌های ساخته‌شده به طـور معنـی‌داری در زمین‌های بدون پوشش جنگلی نفـوذ کـرده اسـت و تغییـرات اندازه لکه‌های شهری قادرند درک مناسبی از محورهای توسعه شـهری را نمـایش دهنـد (۱۵). نتـایج مطالعـات بایـانتویو و همکـاران (۱۰)، دنـگ و همکـاران (۱۱)، رافائـل و همکـاران (۱۹)، هانگ و همکاران (۱۳) نشان می‌دهـد کـه متریـک‌هـای سرزمین شاخص مناسبی بـرای ارزیـابی تغییـرات کـاربری در فاصله زمانی است و باید از میان متریک‌های موجود بهینه آنها انتخاب گردد و مورد استفاده قـرار گیـرد (۱۳،۱۱،۱۰و۱۹). در ایران نیز مطالعاتی مبنـی بـر اسـتفاده از متریـک‌هـای سـیمای سرزمین صورت گرفته است به طور مثال فتحی‌راد و همکاران (۵)، میرزایی و همکاران (۷) به منظور آنالیز تغییرات کـاربری اراضی از متریک‌های سیمای سرزمین استفاده و به این نتیجـه رسیدند که تغییر خصوصـیات مکـانی در کـارکرد اکولوژیـک منطقه تأثیرگذار است و باید در برنامـه‌ریـزی سـرزمین مـورد توجه قرار گیرد (۵ و ۷).

شهر اصفهان به سبب جاذبه‌های اقتصادی، اجتماعی در طول دو دهه گذشته رشد قابل‌توجهی از خود نشان داده است که این رشد همچنان ادامه دارد. رشد سریع شهری سبب شده است کـه شـهر اصـفهان (شـهر اصـفهان و محـیط اطـراف آن) از نظـر ساختاری توازن و تقارن خود را از دست بدهد و بـه دنبـال آن، بسیاری از کارکردهای گذشته آن دچار تغییر شود. توجه به ایـن مهم یعنی تغییرات ساختاری و کارکردی شهر اصـفهان نیازمنـد آگاهی دقیق برنامه‌ریزان و سیاست گزاران می‌باشـد و ایـن تنهـا با دانستن ارزیابی وضعیت موجود و پیش‌بینی وضعیت احتمالی شهر در آینده ممکن خواهد بود. به همـین منظـور ایـن مطالعـه باهدف کمی کردن الگوهـای سـیمای سـرزمین بخـش مرکـزی اصفهان می‌باشد که با استفاده از متریک‌هـای سـیمای سـرزمین، الگوهای سیمای سرزمین در اصفهان و تغییرات آن طی دو دهـه گذشته کمی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

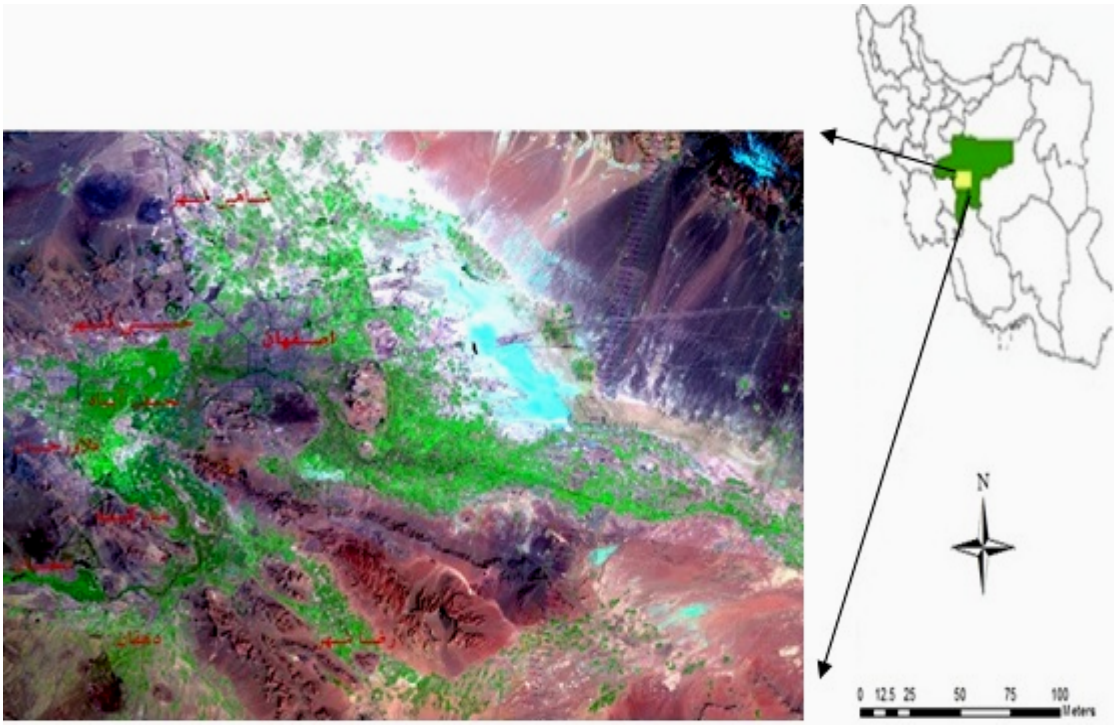
منطقه مورد مطالعه در اسـتان اصـفهان در محـدوده ۵۲۳۲۴۳ و ۶۴۰۹۰۳ طول شرقی و ۳۶۴۴۹۶۲ و ۳۵۶۳۶۰۲ عـرض شـمالی واقع شده است و شهرستان‌های اصفهان، خمینی‌شـهر، دهاقـان، شاهین‌شهر و میمـه، شـهر رضـا، فلاورجـان، لنجـان، مبارکـه و نجف‌آباد در برمی‌گیرد. (شـکل ۱) ایـن منطقـه دارای مسـاحتی معادل ۹۴۱۹/۴ کیلومترمربع است. پست‌ترین نقطه این محدوده، رودخانه زاینده‌رود با ارتفاع ۱۵۵۰ متر از سطح دریاست. متوسط درجه حرارت سالیانه در این منطقـه ۱۶/۷درجـه سـانتی‌گـراد و متوسط بارندگی آن ۱۱۶/۹ میلی متر است.

نرخ شهرنشینی در استان اصفهان در سال ۱۳۷۵، برابر با ۷۴/۳ درصد بوده کـه در سـال ۱۳۹۰ بـه ۸۵/۴ درصـد افـزایش داشـته است. استان اصفهان ۶/۵ درصد کل جمعیـت کشـور را دارد و از لحاظ جمعیتی این استان در جایگـاه سـوم اسـت، امـا نـاهمگنی جمعیت به دور صنایع و قابلیت‌های بسیار بـالای آب و خـاک در حوزه آبیاری زاینده‌رود، تراکم جمعیت را در حواشـی زاینـده‌رود به شدت بالا برده و مسائل مختلفی را به وجود آورده است.

استان اصفهان از لحاظ کشاورزی موقعیتی ویژه‌ای در سـطح کشور دارد به گونه‌ای که ۳/۲ درصد اراضی زیـر کشـت آبـی و دیم کشور و ۶/۵ درصد از کل واحدهای کشاورزی را به خـود اختصاص داده است. حضور صـنایع فـولاد و ذوب‌آهـن نمونـه بارزی از بازتاب چهره صنعتی این استان می‌باشد (۴). با اجرای برنامه‌های صنعتی در اصفهان مناطق مسکونی شهر نیـز افـزایش

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

پیدا کرده است که از نتایج آن تخریب اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی است. از دیگر تغییرات بارز در چشم‌انداز منطقه مورد مطالعه می‌توان به تبدیل باغ‌ها به اراضی مسکونی و بایر اشاره کرد (۴).

داده‌های مورد استفاده

برای رسیدن به هدف مطالعه از داده‌های زیر استفاده شد:

- تصاویر سنجنده TM ماهواره‌ای لندست که در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۶۹ گرفته شده و دارای ردیف/گذر ۳۷/ ۱۶۴ هستند. قدرت تفکیک مکانی این دو تصویر ۳۰ متر می باشد.
- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه
- مشاهدات میدانی

ابتدا، تصحیح هندسی تصویر ماهواره‌ای TM سال ۱۳۸۹ با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه انجام گرفت. برای این منظور ۳۵ نقطه با پراکنش مناسب روی تصویر و نقشه انتخاب و تصحیح هندسی با استفاده از معادله درجه اول و عمل نمونه‌گیری مجدد با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه انجام گرفت (۱۶).

در مرحله بعد، تصویر ماهواره‌ای لندست TM سال ۱۳۶۹ به تصویر سنجنده TM سال ۱۳۸۹ ثبت داده شد. بدین منظور ۳۲ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب انتخاب گردید. نقاط مشترک بین تصاویر بیشتر از تقاطع جاده‌ها و عارضه‌های ساختمانی انتخاب شد. برای زمین مرجع کردن تصویر، روش نزدیک‌ترین همسایه و مدل هندسی چندجمله‌ای درجه اول مورد استفاده قرار گرفت. پس از زمین مرجع شدن تصاویر، محدوده مورد مطالعه از هر دو تصویر استخراج شد. به منظور طبقه‌بندی تصاویر، از تصاویر رنگی کاذب و نقشه‌های توپوگرافی برای تهیه نمونه‌های تعلیمی استفاده گردید. نقشه‌های پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده، تهیه شد. برای طبقه‌بندی از روش حداکثر احتمال استفاده شد، این روش نسبت به سایر روش‌ها دقیق‌تر است. در این روش میزان واریانس‌ها و هم‌بستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف، برای مناطق نمونه محاسبه

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]

می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی به یکی از نمونه‌هایی طیفی نیز استفاده می‌شود (۳).

در این مطالعه برای تهیه نقشه پوشش اراضی، با بررسی تصاویر از لحاظ طیفی و انجام عملیات میدانی تعدادی نمونه تعلیمی به صورت پلی‌گون از کاربری‌های مختلف برداشت شد به گونه‌ای که هر پلی‌گون تنها پیکسل‌های یک کاربری خاص را در برمی‌گرفت و سعی شد که نمونه‌های تعلیمی انتخابی از پراکنش مناسبی برخوردار باشند و معرف خوبی برای طبقات باشند. سپس نمونه‌های تعلیمی به عنوان (Signature file) به نرم‌افزار معرفی شده و با روش حداکثر احتمال نقشه پوشش اراضی برای سال‌های مختلف فراهم شد(۱).

مناطقی با شیب بیشتر از ۳۰٪ و هم‌چنین مناطقی با پوشش مرتعی ضعیف (کمتر از ۱۰ درصد) به عنوان مناطق بدون کاربری در نظر گرفته شد. نقشه‌های پوشش اراضی حاصل در ۵ کلاس کشاورزی، انسان ساخت، بایر، بدون کاربری و آب‌های سطحی طبقه‌بندی شد. اندازه پیکسل نقشه‌های پوشش اراضی و تعداد طبقات نقشه‌های پوشش اراضی از جمله عوامل تأثیرگذار بر محاسبه متریک‌هاست، در جهت ارزیابی و مقایسه صحیح متریک‌ها، برای هر دو نقشه پیکسل سایز ۳۰ متر در نظر گرفته شد. نقشه تغییرات کاربری اراضی/ پوشش اراضی از نیاز های اساسی برای برنامه‌ریزی مدیریتی و پایش محیطی است. این نقشه‌ها در برنامه ریزی و تصمیم گیری های مختلف استفاده می‌شوند، بنابراین تعیین قابلیت اعتماد و صحت این نقشه‌ها اهمیت زیادی دارد. ارزیابی و بررسی نتایج طبقه‌بندی از مراحل مهم طبقه‌بندی محسوب می‌گردد که نشان‌دهنده میزان صحت در طبقه‌بندی انجام شده است (۶). دقت نتایج طبقه‌بندی اغلب به وسیله نمونه‌برداری برای تعیین پیکسل‌هایی که به طور صحیح طبقه‌بندی شده‌اند حاصل می‌شود. برای تعیین میزان صحت طبقه‌بندی نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۸۹ از مشاهدات میدانی و صحت نقشه طبقه‌بندی سال ۱۳۶۹ با کمک تصاویر رنگی کاذب و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شد.

استفاده از متریک‌ها در ارزیابی تغییرات

توانایی تشریح کمی ساختار سیمای سرزمین، یک پیش‌شرط مطالعه کارکرد و تغییر سیمای سرزمین است. متریک‌ها خصوصیات شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین را توصیف و کمی می‌کند و ابزاری مناسب برای نزدیک کردن و استفاده از مبانی اکولوژیکی در برنامه کاربری اراضی محسوب می‌شوند (۱۴). در این تحقیق در سطح کلاس، چهار متریک PLAND (Percentage of Landscape)، NP (Number of patch)، MPS Mean Patch (Size) و متریک PD (Patch Density) انتخاب شد. متریک PLAND نسبت درصد مساحت هر کلاس را محاسبه می‌کند. متریک NP، تعداد لکه‌ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین کمی می‌کند و نشان می‌دهد اگر تعداد لکه زیاد باشد آن طبقه یا نوع لکه خیلی خرد شده است(۱۸). متریک MPS میانگین اندازه‌ی لکه‌ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین اندازه‌گیری می‌کند. متریک PD تعداد لکه‌ها را در واحد سطح نشان می‌دهد و امکان مقایسه بین مساحت‌های مختلف را فراهم می‌کند. این متریک به عنوان شاخص تکه‌تکه شدگی زیستگاه استفاده می‌شود (۱۷).

متریک LPI (Largest patch index)، متریک MNN (Mean nearest neighbour)، متریک CONTAG (Contagion) و متریک(Shannon's Diversity Index SHDI)در سطح سیمای سرزمین، برای این تحقیق محاسبه شده است (۱۷). متریک LPI ، نمایه بزرگ‌ترین لکه برابر مساحت بزرگ‌ترین لکه در سیمای سرزمین تقسیم بر کل مساحت سیمای سرزمین ضرب در ۱۰۰ برای تبدیل به درصد است. به عبارت دیگر این نمایه درصدی از سیمای سرزمین را که بزرگ‌ترین لکه را در بر دارد را نشان می‌دهد. وقتی مساحت بزرگ‌ترین لکه بسیار کوچک باشد این مقدار به صفر میل می‌کند و وقتی کل سیمای سرزمین فقط از یک نوع سیمای سرزمین پوشیده باشد در این صورت این نمایه برابر ۱ است. متریک متوسط نزدیک‌ترین فاصله همسایگی (MNN) متوسط فاصله ۲ لکه را محاسبه می‌کند و واحد آن متر

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]

است. این متریک میزان قطعه‌شدگی را بیان می‌کند. متریک پیوستگی (CONTAG) این متریک نشان‌دهنده مقدار تخریب در سیمای سرزمین است. متریک SHDI ، تنوع کاربری‌های سیمای سرزمین را اندازه‌گیری می‌کند. (جدول ۱). برای کمی کردن تغییرات پوشش اراضی طی ۲ دهه گذشته در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین از نرم‌افزار FRAGSTATS 3.3 استفاده شد (۱۷).

نتایج و بحث

تصحیح هندسی از جمله اقداماتی که قبل از پردازش داده‌های ماهواره‌ای انجام می‌شود. RMSE (Root Mean Square Error) حاصل از تصحیح هندسی تصاویر لندست سال ۱۳۸۹و ۱۳۶۹ به ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۵۲ پیکسل برآورد شد. این مقدار کم‌تر از یک پیکسل بوده و این نشان‌دهنده دقت بالای عملیات تصحیح هندسی است (۴). برای تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۸۹و ۱۳۶۹ صحت کلی به ترتیب ۸۶/۵۶ درصد ۸۷/۱۰ درصد به دست آمد و ضریب کاپا ۰/۸۵ برای تصویر سال ۱۳۸۹ و ۰/۸۶ برای تصویر ۱۳۶۹ حاصل شد. این نقشه‌ها به عنوان نقشه پایه جهت تحلیل سیمای سرزمین در سطح کلاس و سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲).

آنالیز موزاییک در سطح کلاس

آنالیز PLAND درصد هر کاربری در سطح کلاس، ترکیب سیمای سرزمین را به صورت عمومی نشان می‌دهد. تغییرات زمانیPLAND می‌تواند برای به دست آوردن یک ذهنیت کلی از تغییر سیمای سرزمین در منطقه مورد مطالعه استفاده شود. در منطقه مورد مطالعه درصد کلاس کشاورزی، انسان‌ساخت، و بایر در فاصله زمانی ۱۳۸۹- ۱۳۶۹ افزایش یافته است. درصد کلاس بدون کاربری بیش‌ترین مقدار را برای هر دو سال در منطقه مورد مطالعه داشته است در حالی‌که در این فاصله کاهش یافته است. درصد کلاس کشاورزی از ۲۱/۸۵ درصد در سال ۱۳۶۹ به ۲۵/۱۹ درصد در سال ۱۳۸۹ افزایش داشته است. درصد کلاس انسان‌ساخت از ۳/۴۸ در سال ۱۳۶۹ به ۶/۷۱ درصد یعنی حدود دو برابر در سال ۱۳۸۹رسیده است. درصد کلاس بایر نیز در فاصله زمانی۲۰ ساله، ۴/۹۹ درصد افزایش داشته است. درصد کلاس بدون کاربری از ۷۰/۹۲ درصد در سال ۱۳۶۹ به ۵۹/۳۸ درصد در سال ۱۳۸۹ کاهش داشته است (جدول۲).

نتایج آنالیز متریک‌هایPD، NP و MPS در سطح کلاس برای دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۹ در شکل‌های زیر نمایش داده شده است. متریک تعداد لکه (NP) و متریک تراکم لکه (PD) برای تمامی کلاس‌ها در این مدت افزایش داشته است (شکل۳و ۴). متریک میانگین اندازه لکه برای تمامی کلاس‌ها کاهش داشته است اما این مقدار کاهش برای منطقه انسان ساخت بسیار کمتر می‌باشد (شکل۵).

آنالیز موزاییک در سطح سیمای سرزمین

در این آنالیز کل پهنه به عنوان یک سیمای یکپارچه در نظر گرفته شده است. همان طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، طی دو دهه گذشته در سطح سیمای سرزمین مقدار متریک میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه و متریک تنوع شانون به ترتیب ۵/۱ (متر) و ۰/۲۶ افزایش داشته، اما مقدار متریک شاخص بزرگ‌ترین لکه ۷/۶۲ (درصد)کاهش یافته است.

با استفاده از روش آنالیز موزاییک، تغییرات پوشش/کاربری اراضی برای دوسال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۹ در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه نشان داد, خصوصیات مکانی هر یک از کلاس‌ها تغییر کرده است. این تغییرات با کمک متریک‌های سیمای سرزمین به صورت کمّی درآمد. مقادیر متریک‌ها برای هر یک از کلاس‌ها در این بازه زمانی تغییر کرده است.

با توجه به این مطلب تخریب و تبدیل کاربری‌ها روی شکل و اندازه کاربری‌ها تأثیر گذار بوده است.

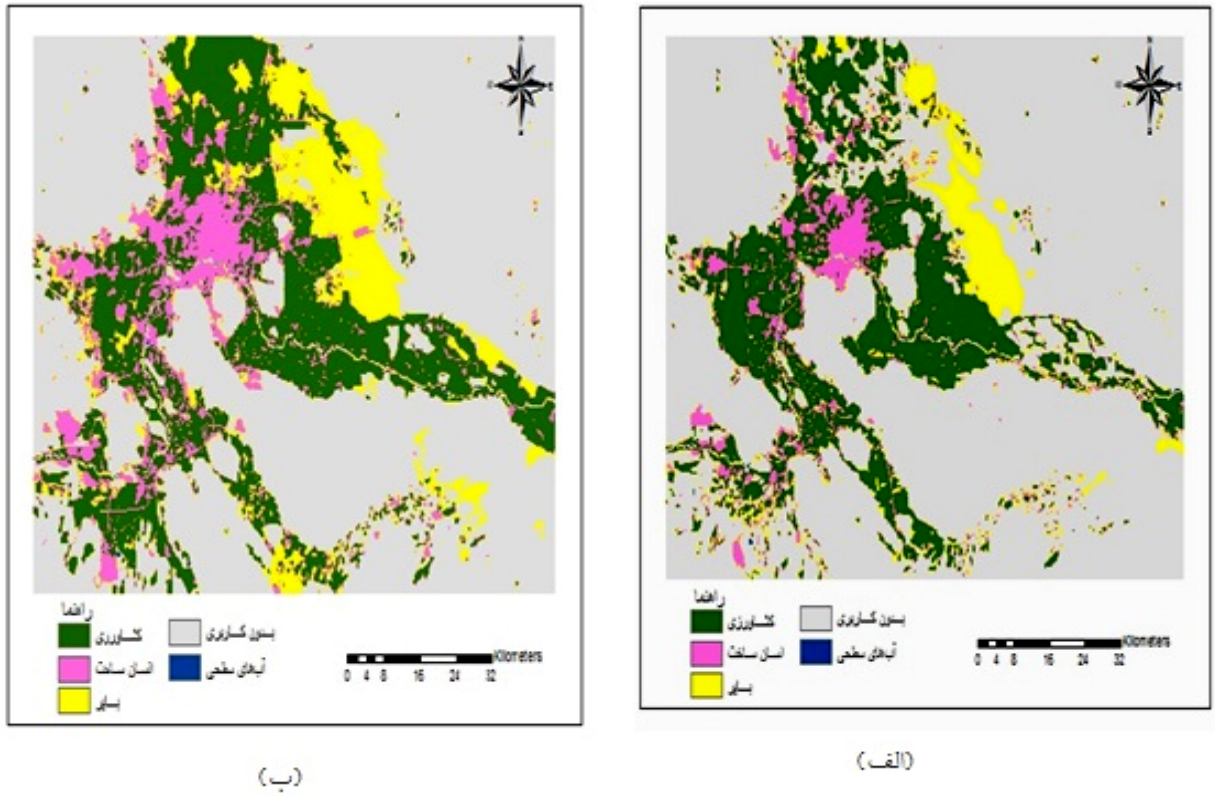
نتایج حاصل از کاربرد متریک‌های مورد استفاده در این تحقیق بیانگر کارایی متریک‌های درصد کاربری اراضی، تراکم

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]

جدول۱. متریک‌های سیمای سرزمین مورد استفاده در مطالعه برای دو سطح کلاس و سیمای سرزمین

متریک‌های سیمای سرزمین	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات
تعداد لکه‌ها	NP	واحد ندارد	NP>0
درصد پوشش	PLAND	درصد	0< PLAND <100
میانگین اندازه لکه	MPS	هکتار	MPS>0
نمایه تراکم لکه	PD	متر در هکتار	PD>0
میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه	MNN	متر	MNN>0
نمایه بزرگ‌ترین لکه	LPI	درصد	0< LPI <100
نمایه تنوع شانون	SHDI	واحد ندارد	SHDI>0
پیوستگی	CONTAG	متر	C0NTAG>0



شکل ۲. نقشه پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه (الف) سال ۱۳۶۹، (ب) ۱۳۸۹

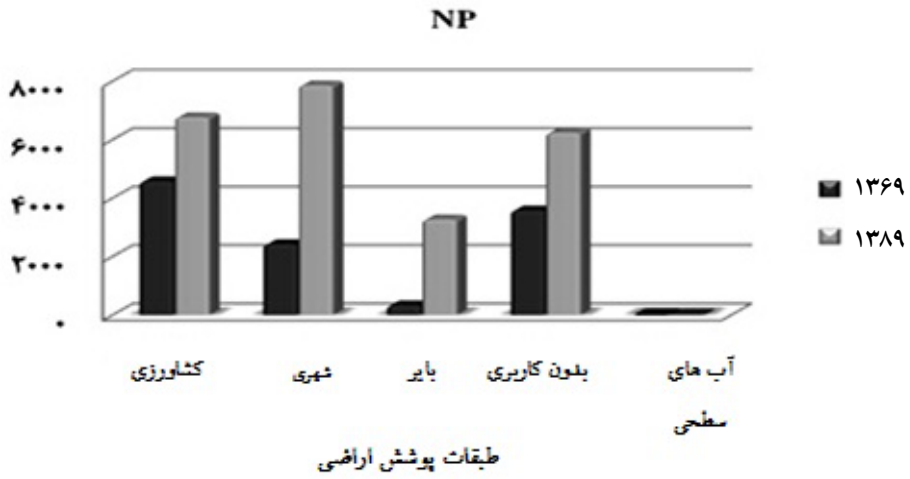
لکه و تعداد لکه در بررسی و تحلیل تغییرات است که با یافته‌های بدست آمده از تحقیقات بایانتویو و همکاران (۱۰) مطابقت دارد (۱۰). کارایی متریک میانگین اندازه لکه و تعداد لکه توسط جی (۱۵) نیز تأیید شده که با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد. متریک مساحت کاربری (کلاس) یکی از گویاترین متریک‌ها در بررسی تغییرات سیمای سرزمین است. نکته قابل توجه در بررسی نتایج حاصل از این متریک افزایش مساحت در پوشش‌های انسان ساخت است. در طول دوره

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

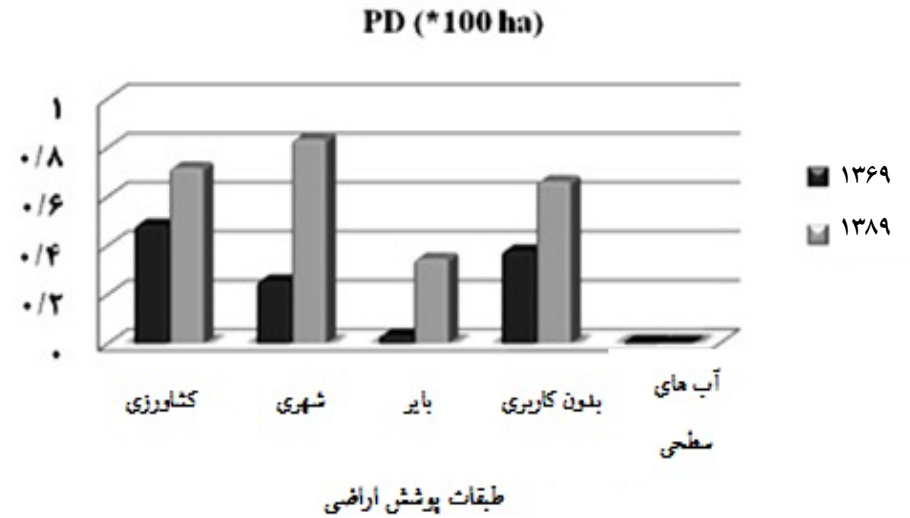
[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]

جدول۲. تغییرات متریک PLAND برای دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۹ در سطح سیمای سرزمین

انواع سیمای سرزمین	درصد سیمای سرزمین (PLAND)	
	۱۳۶۹	۱۳۸۹
۱) کشاورزی	۲۱/۸۵	۲۵/۱۹
۲)انسان ساخت	۳/ ۴۸	۶/۷۱
۳) بایر	۳/۳۷	۸/۳۶
۴) بدون کاربری	۷۰/۹۲	۵۹/۳۸
۵) آب‌های سطحی	۰/۳۶	۰/۳۶



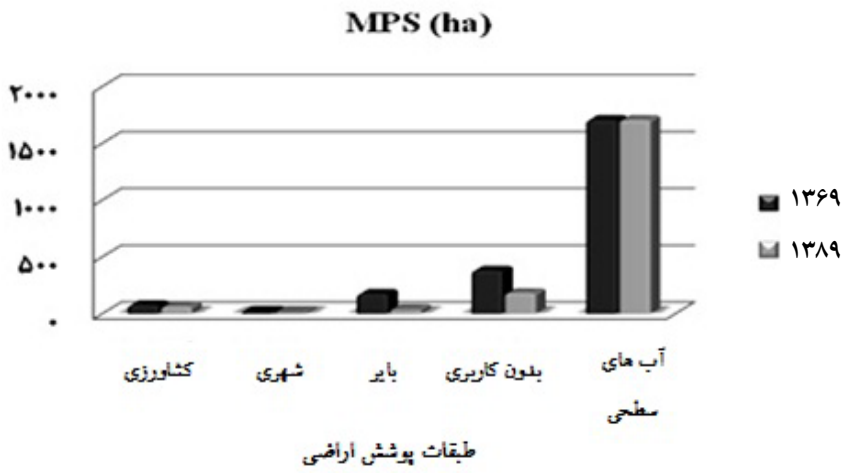
شکل۳. مقایسه تعداد لکه کلاس‌های مختلف در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۹



شکل۴. مقایسه تراکم لکه کلاس‌های مختلف در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۹

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]



شکل۵. مقایسه میانگین اندازه لکه‌های کلاس‌های مختلف در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۹

جدول۳. نتایج محاسبه متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین

متریک / سال	LPI (%)	MNN (m)	SHDI	CONTAG (m)
۱۳۶۹	۲۸/۸۲	۸۶/۵	۰/۸	۷۴/۱۰
۱۳۸۹	۲۰/۰۹	۹۱/۶	۱/۰۶	۶۶/۴۷

مطالعه تغییر مساحت در اراضی کشاورزی نسبت به سایر کلاس‌ها کمتر بوده است. افزایش متریک تعداد لکه، تراکم لکه و کاهش متریک میانگین اندازه لکه نشان‌دهنده پدیده تخریب و قطعه‌شدگی در الگوهای سیمای سرزمین است. بررسی نتایج متریک شاخص بزرگ‌ترین لکه در سطح سیمای سرزمین در فاصله زمانی دو سال با افت همراه بوده است. کاهش این متریک نشان‌دهنده تخریب یکپارچگی پوشش اراضی است. کارایی متریک میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه توسط دنگ و همکاران (۱۱) تأیید شده که با نتایج این مطالعه هم راستاست. در این مطالعه افزایش متریک تنوع شانون به همراه افزایش متریک تعداد لکه و تراکم لکه برای کلاس انسان ساخت نمایه‌ای از تخریب سیمای سرزمین قلمداد می شود، این در حالی است که افزایش متریک تنوع شانون با افزایش متریک تعداد و تراکم لکه برای کلاس طبیعی نمایه‌ای از ارتقای روابط اکوسیستمی است.

نتیجه‌گیری

برای شناخت و فهم نتایج اکولوژیک و اقتصادی ـ اجتماعی حاصل از توسعه و فعالیت‌های انسانی، کمی کردن الگوهای سیمای سرزمین ضروری است. چرا که توسعه انسانی بر اثر پروسه‌های اقتصادی ـ اجتماعی ناشی از گسترش لکه‌های انسان ساخت، الگوی کاربری اراضی را تغییر می‌دهد. درک تغییرات مکانی – زمانی الگوهای سیمای سرزمین برای پیش‌بینی پروژه‌هایی با اهداف مختلف مانند آمایش سرزمین، مدیریت منابع و حفاظت تنوع سیمای سرزمین لازم است (۲۴).

طی فاصله زمانی ۱۳۸۹-۱۳۶۹ جمعیت شهرنشینی استان اصفهان و تراکم جمعیت افزایش یافته است. رشد شهرنشینی، ساختار و عملکرد الگوهای سیمای سرزمین را تغییر داده است.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]

به‌طور مختصر نتایج حاصل از متریک‌ها برای منطقه مورد مطالعه (کلان‌شهر اصفهان و اطراف آن) در فاصله زمانی ۱۳۶۹-۱۳۸۹ نشان می‌دهد که افزایش رشد جمعیت و شهرنشینی در منطقه طی دو دهه گذشته باعث شده مساحت لکه‌های انسان ساخت شامل مناطق مسکونی، صنایع و غیره در این فاصله افزایش پیدا کند. با گسترش توسعه انسانی درصد اراضی بدون کاربری کاسته شده است. هم‌چنین مساحت لکه‌های کشاورزی و بایر نیز تغییرات زیادی کرده و علاوه بر تغییر درصد پوشش کاربری اراضی، تعداد و اندازه کاربری‌ها نیز تغییر کرده است.

متریک درصد کلاس‌ها نشان می‌دهد که طی فاصله زمانی درصد کلاس انسان‌ساخت و بایر افزایش قابل‌توجهی داشته است. کاهش میانگین اندازه لکه برای کلاس کشاورزی و بدون کاربری مشخص می‌کند که پدیده تخریب و تکه‌تکه‌شدگی در این کلاس‌ها بیشتر رخ‌داده است. در سطح سیمای سرزمین متریک میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه و تنوع شانون بین سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۹ افزایش و شاخص بزرگ‌ترین لکه کاهش یافته است. متریک‌های تراکم لکه و میانگین اندازه لکه به عنوان شاخص‌های برای قطعه‌شدگی استفاده می‌شود (۹). اثر قطعه‌شدگی سیمای سرزمین با افزایش تراکم لکه‌ها و کاهش میانگین اندازه لکه شاخص بزرگ‌ترین لکه قابل مشاهده است. از کاهش متریک پیوستگی در فاصله زمانی نتیجه‌گیری می‌شود؛ سیمای سرزمین منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۶۹ شامل لکه‌های بزرگ‌تر و از لحاظ شکل ساده‌تر بوده و روند توسعه و گسترش فعالیت‌های انسانی باعث کوچک‌تر شدن لکه‌ها و شکل نامنظم آنها شده است. بنابراین تجزیه و تحلیل سیمای سرزمین در این تحقیق بیانگر آثار فعالیت‌های انسانی بر تغییر ترکیب و توزیع الگوهای مکانی، افزایش بیابان‌زایی و تبدیل زمین است. در نتیجه، تغییر الگوهای مکانی بر ارائه خدمات اکولوژیکی منطقه تأثیر گذاشته و کیفیت محیط‌زیست منطقه را کاهش و مشکلات محیط‌زیستی متعددی را در منطقه ایجاد کرده است. از جمله این مشکلات در دو دهه گذشته در منطقه مورد مطالعه می‌توان افزایش آلودگی هوا، کاهش بارندگی و خشک شدن رودخانه زاینده‌رود را نام برد. درک تغییرات مکانی و زمانی الگوهای مکانی برای پیش‌بینی پروژه‌هایی با اهداف مختلف مانند مدیریت منابع و آمایش سرزمین لازم است. با توجه به توانایی بالای متریک‌ها در کمی نمودن الگوی سیمای سرزمین می‌توان از نتایج این مطالعات در طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی یکپارچه سیمای سرزمین استفاده شود.

منابع مورد استفاده

۱. براتی قهفرخی، س.، س. سلطانی کوپانی، س. ج. خواجه الدین و ب. رایگانی. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کاربری اراضی در زیر قلعه شاهرخ با استفاده از تکنیک سنجش از دور (دوره زمانی ۱۳۸۱- ۱۳۵۴). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۳(۴۷): ۳۴۹ -۳۶۵.

۲. جعفری، ح.، ح. منیری و ی. معینی. ۱۳۹۰. توسعه مدل شهری مبتنی بر الگوریتم Decision Tree و داده کاوی به منظور آشکار سازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصویر سنجنده TM و داده‌های کمکی (مطالعه موردی بخش مرکزی شهرستان بویر احمد). مجله علوم محیطی ۸ (۲): ۱-۲۰.

۳. سفیانیان، ع. و س. فلاحتکار. ۱۳۷۸. آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی با تکیه بر علوم سنجش از دور. مجله سپهر ۶۸: ۲۰-۳۰.

۴. سفیانیان، ع. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان با استفاده از تکنیک آشکار سازی برداری تغییرات طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۷. مجله علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی) ۴۹: ۱۵۳-۱۶۴.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]

۵.فتحی راد، ح.، ا. نوحه‌گر و م. فرامرزی و م. تازه. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کاربری اراضی براساس تجزیه و تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین با استفاده از سنجش از دور و GIS در منطقه خشک و نیمه خشک دهلران. آمایش سرزمین ۵(۱): ۷۹- ۹۹.

۶.محمدی سراب، ع.، ح. ربیعی و پ. رضاییان. ۱۳۸۴. مدلسازی عدم اطمینان در آشکارسازی تغییرات براساس طبقه‌بندی داده‌های ماهواره ای. فصلنامه مدرس ۹(۱): ۹۷-۱۰۹.

۷.میرزایی، م.، ع. ریاحی بختیاری، ع. ماهینی و م. غلامعلی فرد. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۹. مجله اکولوژی کاربردی ۲(۴): ۳۷-۵۴.

8. Ahern, J., J. Miller, A. Botequila Leitao and K. McGarigal. 2006. Measuring Landscapes: A Planner's Handbook. Island Press, USA.
9. Bowersox, M. A. and D. G. Brown. 2001. Measuring the abruptness of patchy ecotones: A simulation- based comparison of patch and edge metrics. *Plant Ecology* 156 (1): 89-13.
10. Buyantuyev, A., J. Wu and C. Gries. 2009. Multiscale analysis of the urbanization pattern of the Phoenix metropolitan landscape of USA: Time, space and thematic resolution. *Landscape and Urban Planning* 94: 206-217.
11. Deng, J. S., K. Wang, Y. Hong and J. G. Qi. 2009. Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning* 92(4): 187-198.
12. Evelyn, U., R. Juri and O. Tonu. 2011. Analysing the spatial structure of the Estonian landscapes: which landscape metrics are the most suitable for comparing different landscapes. *Estonian Journal of Ecology* 66: 70-80.
13. Huang, S. L., S. H. Wang and W. Budd. 2009. Sprawl in Taipei a per-urban zone: Responses to spatial planning and implications for adapting global environmental change. *Landscape and Urban Planning* 90(1): 20-32.
14. Janis, P., W. Yanglin, Z. Yuan, W. Jiansheng and L. Weifeng. 2010. Evaluating the effectiveness of landscape metrics in quantifying spatial patterns. *Ecological Indicators* 10: 217-223.
15. Ji, W. 2008. Landscape Effects of Urban Sprawl: Spatial and Temporal Analyses Using Remote Sensing Images and Landscape Metrics, the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Beijing. vol. XXXVII Part B7
16. Lee, D. 1994. Retrospective on Large-Scale Models. *Journal of the American Planning Association* 60(1): 35-44.
17. McGarigal, K. and B. J. Marks. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report PNW-GTR-351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland.
18. O'Neill, R. V., J. R. Krummel and R. H. Gardner. 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology* 1(3): 153-162.
19. Raffaele, P., L. Antonio and B. Lorenzo. 2009. Land cover and land use change in the Italian central Apennines: A comparison of assessment methods. *Applied Geography* 29: 35-48.
20. Shu, L., S. HuaWanga and W. Budd. 2009. Sprawl in Taipei's peri-urban zone: Responses to spatial planning and implications for adapting global environmental change. *Landscape and Urban Planning* 90: 20-32.
21. Srivastava, S.K. and R.D., Gupta. 2003. Monitoring of changes in land use/ land cover using multi-sensor satellite Data, 6th International Conference on GIS/GPS/RS: Map India 2003, Jan.28-31, New Delhi, 234-251.
22. Turner, M. G., R. H. Gardner and R.V. O´Neill. 1994. Quntitative Methods in Landscape Ecology: The Analysis and Interpretation of Landscape Ecology. Springer Verlage Pub., USA.
23. UNEP. 2007. Global Environmental Outlook GEO4. Environmental for development. United Nations Environment program. p. 54.
24. Veldkamp, A. and E. F. Lambin. 2001. Predicting land use change. *Agriculture, Ecosysistem, Environmental* 85: 1-6.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1392.2.6.7.6]