

تحلیل گرادیان الگوی سیمای سرزمین شهری (مطالعه‌ی موردی: شهر اصفهان)

علیرضا سفیانیان* - استادیار گروه محیط زیست، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
زهرا مختاری - کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
سید جمال‌الدین خواجه‌الدین - دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
حمیدرضا ضیایی - کارشناس ارشد سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه شهید چمران اهواز

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۰۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۱۲/۱۷

چکیده

کمی‌کردن الگوی سیمای سرزمین شهری برای ارزیابی و پایش کارکردهای اقتصادی - اجتماعی و زیست‌محیطی شهری ضرورت دارد. در این مطالعه از ترکیب روش تحلیل گرادیان و متریک‌های سیمای سرزمین، برای کمی‌کردن الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان استفاده شده است. بدین منظور نقشه‌ی کاربری اراضی سال ۱۳۸۶ در شش طبقه‌ی انسان‌ساخت، کشاورزی، فضای سبز، بایر، جاذبه و رودخانه تهیه شد. برای انجام تحلیل گرادیان دو ترانسکت در جهت شمال - جنوب و شرق - غرب با عبور از مرکز شهر، هدایت شد. برای محاسبه‌ی متریک‌ها در طول ترانسکت‌ها از روش پنجره‌ی متحرک استفاده شد و متریک‌ها در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین کمی شدند. در کل، در سطح کل سیمای سرزمین شهر اصفهان، بیشترین درصد کلاس و تراکم لکه و نمایه‌ی بزرگترین اندازه‌ی لکه مربوط به اراضی کشاورزی است و میانگین اندازه‌ی لکه‌ی اراضی بایر و مرتع بیشترین مقدار است. در طول ترانسکت‌ها علاوه بر تغییر انواع کاربری‌ها، تغییر در مقادیر متریک‌های مختلف نیز مشاهده شد. متریک تراکم لکه و تراکم حاشیه به سمت مرکز شهر افزایش یافت. به‌طور کلی نتایج حاصل نشان داد، میانگین اندازه‌ی لکه در حواشی ترانسکت بیشتر است و به‌عکس تراکم لکه و تراکم حاشیه در مرکز شهر مقادیر بیشتری دارد. از این نتایج می‌توان چنین برداشت کرد که مقادیر تراکم لکه و تراکم حاشیه با توسعه‌ی شهری افزایش یافته است. این مطالعه نشان داد در طول ترانسکت‌ها علاوه بر تغییرات کاربری‌ها، شکل و تراکم لکه‌ها نیز تغییر کرده است و روند این تغییرات در دو ترانسکت از هم متفاوت است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل گرادیان، متریک‌های سیمای سرزمین، پنجره‌ی متحرک، شهر اصفهان.

مقدمه

سیمای سرزمین شهرها به واسطه‌ی رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت، به سرعت در حال تغییر است. این پدیده پیامدهای اقتصادی - اجتماعی و زیست‌محیطی زیادی را در پی دارد. گسترش شهری موجب تغییرات زیربنایی در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار مکانی و الگوی سیمای سرزمین می‌شود (Wang et al., 2008). تحلیل خصوصیات مکانی و ساختاری کاربری اراضی شهری در مدل‌سازی تغییرات مکانی - زمانی، از موضوعات مهم روز است. این مطالعات با توسعه‌ی رشته‌هایی مانند سنجش از دور، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و اکولوژی سیمای سرزمین^۱ گسترش یافته است (Sudhira et al., 2004; Herold et al., 2005).

شهر اصفهان از جمله مناطقی است که به واسطه‌ی رشد پُرشتاب شهرنشینی و کاربری‌های صنعتی و کشاورزی و همچنین ارزش‌های تاریخی - فرهنگی و طبیعی موجود، به مدیریت یکپارچه و جامع شهری نیازمند است. مطالعه‌ی تغییرات زمانی - مکانی الگوی شهر و کمی کردن آن با ترکیب روش‌های متریک‌های سیمای سرزمین و آنالیز گرادیان^۲، گام مهمی در مطالعه‌ی الگوی شهر اصفهان است و به تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران در مدیریت بهتر و جامع‌تر شهر کمک خواهد کرد. این مطالعه در جهت شناخت اولیه‌ی ساختار و کارکرد سیمای سرزمین شهر اصفهان است. برای فهم سازوکارهای شکل‌گیری الگوی سیمای سرزمین شهر، چارچوب جامع‌تری بر اساس علوم اکولوژیکی، جغرافیایی و توجهات سیاسی و اقتصادی - اجتماعی مورد نیاز است.

هدف از این مطالعه، کمی کردن الگوی مکانی شهر اصفهان با استفاده از روش گرادیان و درک چگونگی تغییر انواع مختلف کاربری‌ها و متریک‌ها با تغییر فاصله از مرکز شهر است.

مبانی نظری

اکولوژی سیمای سرزمین، مطالعه‌ی سیمای سرزمین‌ها، به‌ویژه ترکیب، ساختار و کارکرد آنهاست (Forman and Godron, 1986). شهرها، به‌عنوان یک سیمای سرزمین ناهمگن، می‌توانند از دیدگاه این علم مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند (Wolff and Wu, 2004). اصول اکولوژی سیمای سرزمین می‌تواند، به‌عنوان رهیافتی همه‌جانبه‌نگر در طراحی سیمای سرزمین شهرها به کار گرفته شوند. این رهیافت، نه تنها مباحث اکولوژیک و زیستی را در طراحی سیمای سرزمین مطرح می‌کند، بلکه به مباحث اقتصادی و جامعه‌شناسی نیز می‌پردازد و می‌تواند در طراحی سیماهایی کمک کند که از نظر زیست‌محیطی پایدارتر و از لحاظ زیبایی‌شناختی و فرهنگی مناسب‌تر هستند.

برای شناخت و فهم نتایج اکولوژیک و اقتصادی - اجتماعی حاصل از توسعه‌ی شهری، کمی کردن الگوهای مکانی سیمای سرزمین شهری لازم است. شهرها سامانه‌هایی هستند که بر اثر پروسه‌های اقتصادی - اجتماعی ناشی از گسترش شهری، الگوی کاربری اراضی متغیری دارند. برای نمونه، از بین بردن لکه‌های بزرگ کشاورزی، موجب

1. Landscape ecology
2. Gradient Analysis

تگه‌تگه‌شدگی بالای زیستگاه و افزایش تراکم لکه‌های انسان‌ساخت می‌شود و این پدیده روی چرخه‌ی زیست‌زمین‌شیمیایی تأثیرگذار است. بنابراین برای فهم اکوسیستم‌های شهری، بایستی الگوی آنها کمی شود. درک تغییرات مکانی و زمانی الگوی سیمای شهری برای پیش‌بینی پروژه‌هایی با اهداف مختلف، مانند آمایش سرزمین، مدیریت منابع و حفاظت تنوع زیستی، لازم است.

برای آشکارسازی تغییرات الگوی سیمای سرزمین شهری، می‌توان از تحلیل گرادیان استفاده کرد. در اغلب مطالعات مربوط به سیمای سرزمین شهری و بررسی الگوی ساختاری آن، از ترکیب روش تحلیل گرادیان و متریک‌های سیمای سرزمین^۱ استفاده شده است (Luck & Wu, 2002 and Zhang et al., 2004). لوک و وو در سال ۲۰۰۲ برای نخستین بار از ترکیب روش تحلیل گرادیان و بررسی متریک‌ها برای مطالعه‌ی الگوی شهر آریزونا استفاده کردند (Luck and Wu, 2002). گرادیان‌ها می‌توانند شدت گسترش شهری، تغییرات اکوسیستم و بازتاب آثار انسانی روی محیط زیست را به خوبی نشان دهند (McDonnell and Pickett, 1990). از این روش برای یافتن گرادیان شهری، از مرکز شهر به سمت حومه‌ی شهر، در طول ترانسکت‌های هدایت‌شده استفاده می‌شود. اساس این روش در مطالعات بر پایه‌ی مدل پنجره‌ی متحرک^۲ است. بدین ترتیب که در طول ترانسکت‌های هدایت‌شده، از پنجره‌های متحرک برای تحلیل متریک‌های مختلف استفاده می‌شود.

متریک‌های سیمای سرزمین، به شاخص‌های توسعه‌یافته برای یافتن الگوی نقشه‌های طبقه‌بندی شده می‌گویند. متریک‌های سیمای سرزمین، الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی خاص لکه‌ها، کلاس‌ها یا موزاییک‌های کل سیمای سرزمین هستند (Gustafson, 1998, McGarigal et al., 2002).

موضوع مقیاس یکی از موضوعات مهم در مطالعات سیمای سرزمین است. به طور کلی، مقیاس بهینه یا صحیحی برای کمی کردن ویژگی‌های سیمای سرزمین وجود ندارد (Turner, 1989; Wu, 2004). در این میان جاده‌ها به عنوان کاربری‌های خطی، نسبت به کاربری‌های دیگر به تغییرات مقیاس حساس‌ترند (Zhu et al., 2006).

ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) اندازه پیکسل مناسب برای مطالعات شهری را ۱۰-۳۰ متر ارزیابی کردند (Zhang et al., 2008). لوک و وو در مطالعه روی شهر فونیکس، آریزونا از اندازه پیکسل ۵۰ متر استفاده کردند. ژانگ و همکاران در مطالعه‌ی شهر شانگهای، از اندازه پیکسل ۱۰ متر استفاده کردند (Zhang et al., 2004). کنگ و همکاران در مطالعه روی شهر جینان، از اندازه پیکسل ۱۰ متر استفاده کردند (Kong et al., 2007). ونگ (۲۰۰۷) اندازه پیکسل را برای مطالعه‌ی تغییرات مکانی و زمانی ویسکانسین ۲۵ متر ارزیابی کرد (Weng, 2007).

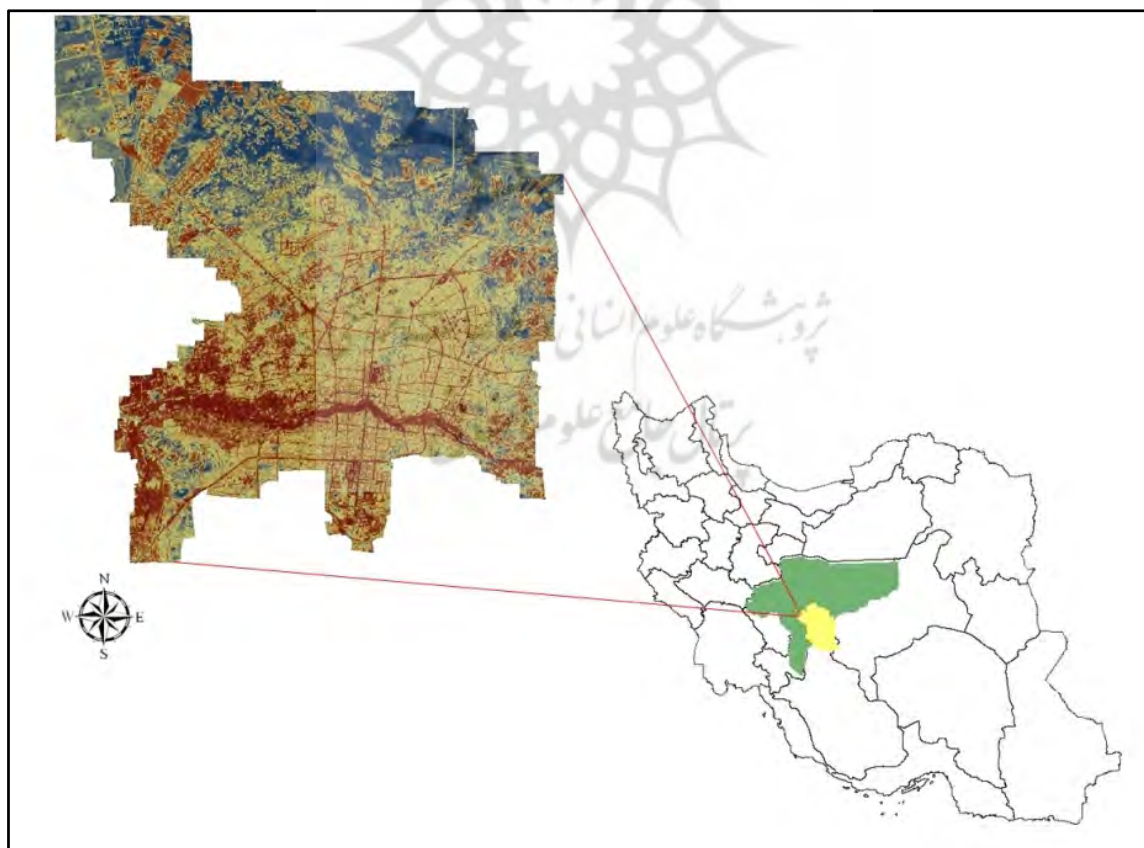
ژو و همکاران (۲۰۰۶) مقیاس‌های متفاوت برای مطالعه اثر جاده مورد بررسی قرار داده و اندازه بهینه پیکسل را ۷/۵ متر ارزیابی کردند (Zhu et al., 2006).

انتخاب متریک‌های مناسب در این مطالعه، بر اساس مرور منابع و مطالعات پیشین بود. در این مطالعه از هر دو

دسته متریک ترکیب و توزیع مکانی، در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس استفاده شد. به‌علت تفاوت ذاتی در داده‌های کاربری اراضی، استفاده از متریک‌های مختلف برای افزایش انعطاف نتایج و بررسی کامل‌تر لازم به‌نظر می‌رسد (Leitao and Ahern, 2002).

منطقه‌ی مورد مطالعه

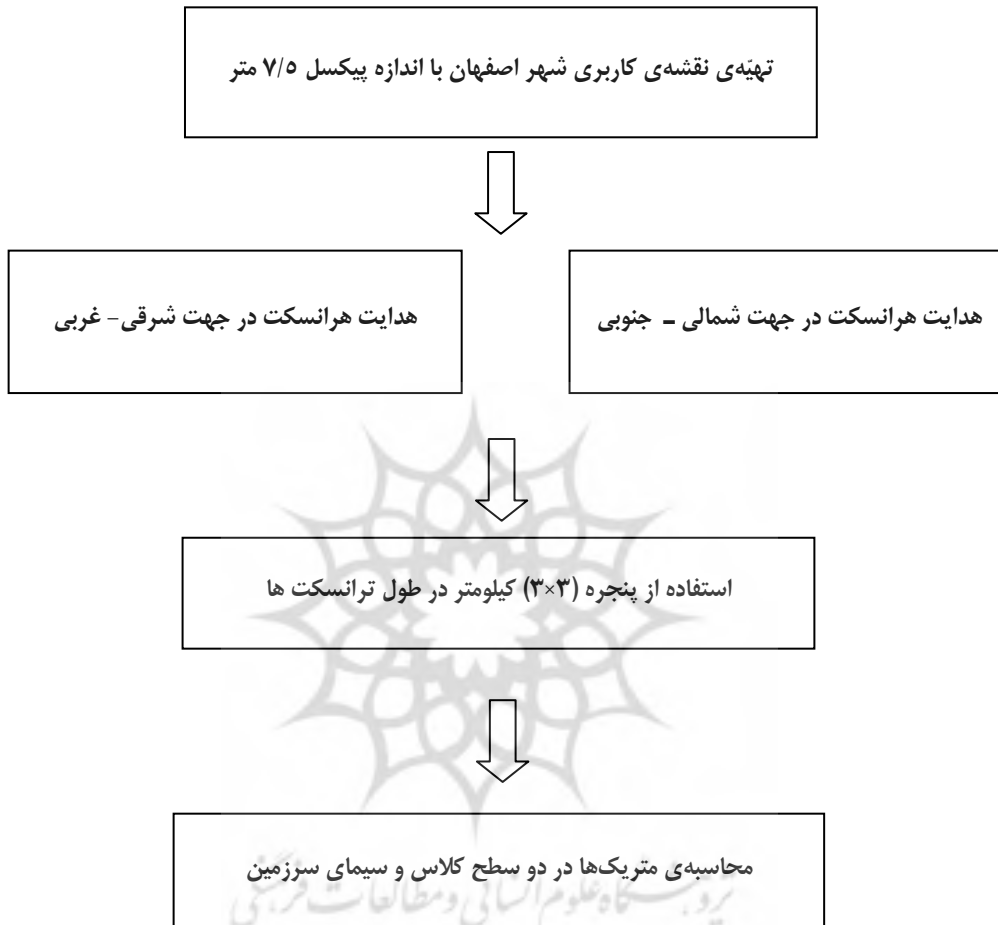
شهر اصفهان در مرکز استان اصفهان و در شرق سلسله‌جبال زاگرس، در عرض جغرافیایی $32^{\circ} 28' 30''$ و در طول $51^{\circ} 39' 40''$ شرقی قرار دارد. اصفهان سومین شهر بزرگ ایران بعد از تهران و مشهد است. این شهر یکی از بزرگترین شهرهای خشک و کم‌باران دنیا به‌شمار می‌رود. ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۵۸۰ متر است. میانگین درجه‌حرارت سالانه $16/5$ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه ۱۲۵ میلی‌متر است و دارای اقلیم خشک سرد، بر اساس روش آمبرژه و اقلیم خشک بر اساس روش دومارتن است. شکل شماره‌ی ۱ موقعیت شهر اصفهان را در کشور و استان نشان می‌دهد (شفقی، ۱۳۸۱ و اطلس شهر اصفهان، ۱۳۷۶).



شکل ۱. موقعیت شهر اصفهان در ایران و استان اصفهان

روش پژوهش

روش مورد استفاده در این مطالعه، در شکل شماره‌ی ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. نمودار روش مطالعه‌ی گرادیان شهر اصفهان

تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی شهر اصفهان سال ۱۳۸۶

برای تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری سال ۱۳۸۶ از نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ شهر اصفهان استفاده شد که توسط مرکز خدمات یارانه‌ای شهرداری تهیه شده است. بدین ترتیب که نخست تمام طبقه‌های موجود در نقشه‌های ۱/۲۰۰۰ استخراج و سپس بر اساس جدول شماره‌ی ۱، در شش کلاس عمده‌ی انسان‌ساخت، فضای سبز، کشاورزی، مراتع و بایر، جاده‌ها و رودخانه دوباره طبقه‌بندی شدند. در مرحله‌ی بعد، نقشه‌ی تولیدی با استفاده از سنجنده‌ی PAN ماهواره IRS به‌روز شد. در این مطالعه با توجه به مطالعات قبلی، شهر اصفهان به شش طبقه‌ی انسان‌ساخت، فضای سبز، اراضی کشاورزی، اراضی بایر، جاده‌ها و رودخانه طبقه‌بندی شد (جدول شماره‌ی ۱).

جدول ۱. طبقه‌بندی نقشه‌ی کاربری اراضی

طبقه‌بندی انواع لکه	حرف اختصاری	توضیحات
عوارض انسان‌ساخت	U	مناطق مسکونی تأسیسات صنایع مناطق در حال ساخت‌وساز مراکز خدماتی (بیمارستان و...) مناطق تاریخی فرهنگی
فضای سبز	G	انواع فضای سبز شهری
مناطق کشاورزی	A	اراضی کشاورزی اراضی آیش باغ‌ها و تاکستان‌ها
مناطق بایر	B	اراضی بایر مراتع اراضی شور زمین‌هایی که ساخت‌وساز در آنها انجام نشده
جاده‌ها	R	جاده‌ها
رودخانه	W	رودخانه‌ی زاینده‌رود

هدایت ترانسکت‌ها در دو جهت اصلی شهر

با مشاهده‌ی نقشه‌ی کاربری اراضی شهر اصفهان، به‌آسانی می‌توان دریافت توزیع کاربری‌های مختلف در دو جهت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی شهر با هم تفاوت دارد. بنابراین بایستی گرادیان در دو جهت بررسی شود. همان‌طور که در شکل شماره‌ی ۳ مشاهده می‌شود، دو ترانسکت در جهت شرقی - غربی و شمالی - جنوبی هدایت شد. مسیر عبور این دو ترانسکت به‌گونه‌ای طراحی شد که هر دو از مرکز شهر (میدان انقلاب) عبور کنند. طول ترانسکت شمالی - جنوبی ۱۷ کیلومتر و عرض آن ۳ کیلومتر و طول ترانسکت شرقی - غربی ۱۵ کیلومتر و عرض آن ۳ کیلومتر طراحی شد.

استفاده از روش پنجره‌ی متحرک در طول ترانسکت‌ها

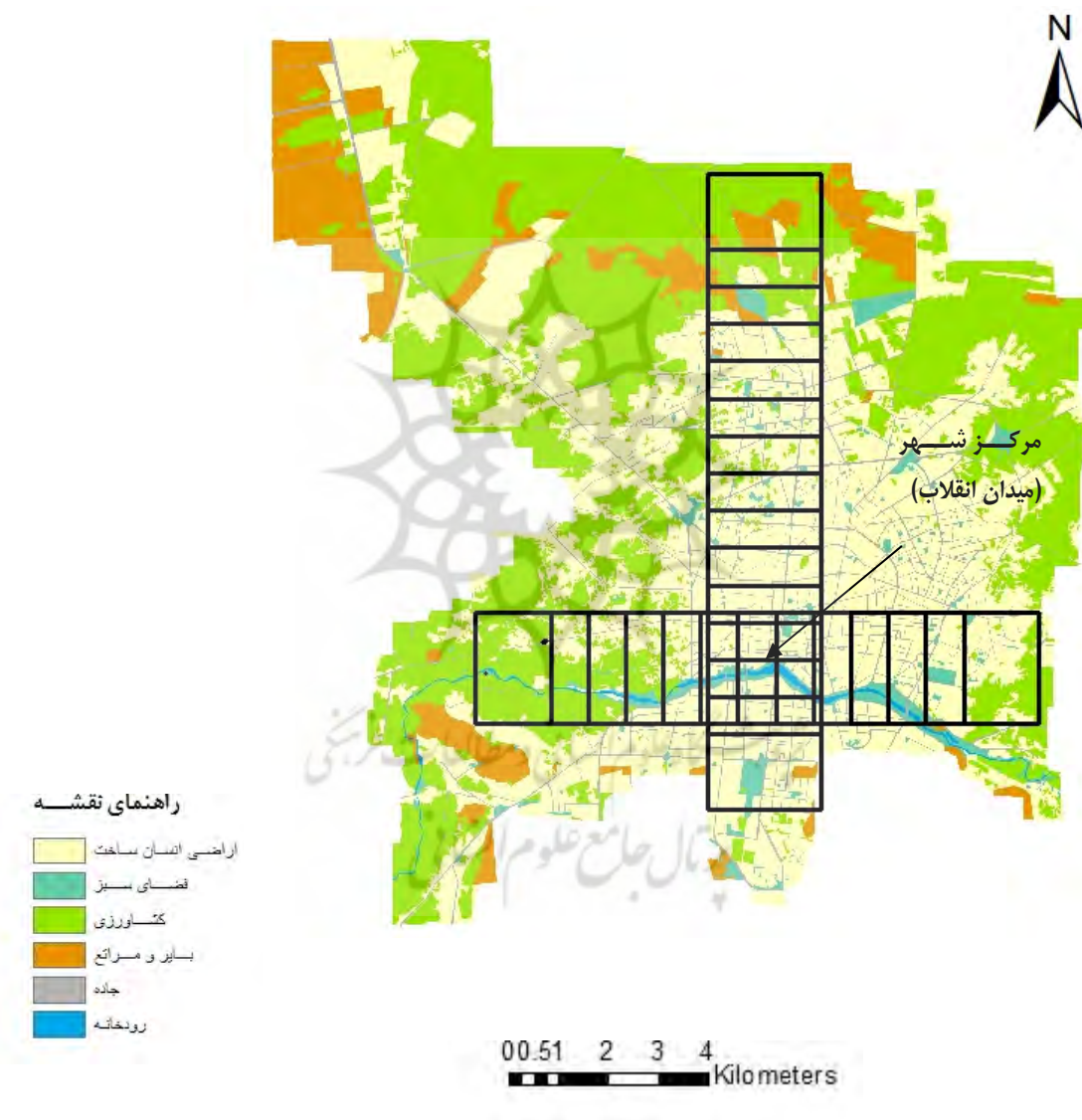
ترانسکت شمالی - جنوبی از ۸ بلوک ۳×۳ کیلومتری و ترانسکت شرقی - غربی از ۷ بلوک ۳×۳ کیلومتری با هم‌پوشانی ۱ کیلومتری، مطابق جدول‌های شماره‌ی ۲ و ۳ تشکیل شده است. با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTST3.3 و ARC GIS 9.2 متریک‌های موردنظر در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس محاسبه شده‌اند.

جدول ۲. فاصله از حاشیه‌ی شمالی شهر نسبت به هر یک از بلوک‌های نمونه‌برداری ترانسکت

شماره‌ی بلوک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
فاصله از لبه‌ی شمالی (km)	۳-۰	۵-۲	۷-۴	۹-۶	۱۱-۸	۱۳-۱۰	۱۵-۱۲	۱۷-۱۴

جدول ۳. فاصله از حاشیه‌ی شرقی شهر نسبت به هر یک از بلوک‌های نمونه‌برداری ترانسکت

شماره‌ی بلوک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
فاصله از لبه‌ی شرقی شهر (km)	۳-۰	۵-۲	۷-۴	۹-۶	۱۱-۸	۱۳-۱۰	۱۵-۱۲



شکل ۳. موقعیت ترانسکت‌های هدایت‌شده در دو جهت شرقی - غربی و شمالی - جنوبی

محاسبه‌ی متریک‌های مورد نظر

همان‌طور که در جدول شماره‌ی ۴ مشاهده می‌شود، متریک‌های مناسب در سطح سیمای سرزمین و کلاس برای انجام این تحلیل با مرور مطالعات مشابه انتخاب شد. برای نشان‌دادن تغییرات سیمای سرزمین شهر اصفهان، هم متریک‌های ترکیب و هم توزیع مکانی استفاده شده است. این متریک‌ها در فرگستات^۱ در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین محاسبه شدند.

جدول ۴. متریک‌های استفاده شده در مطالعه

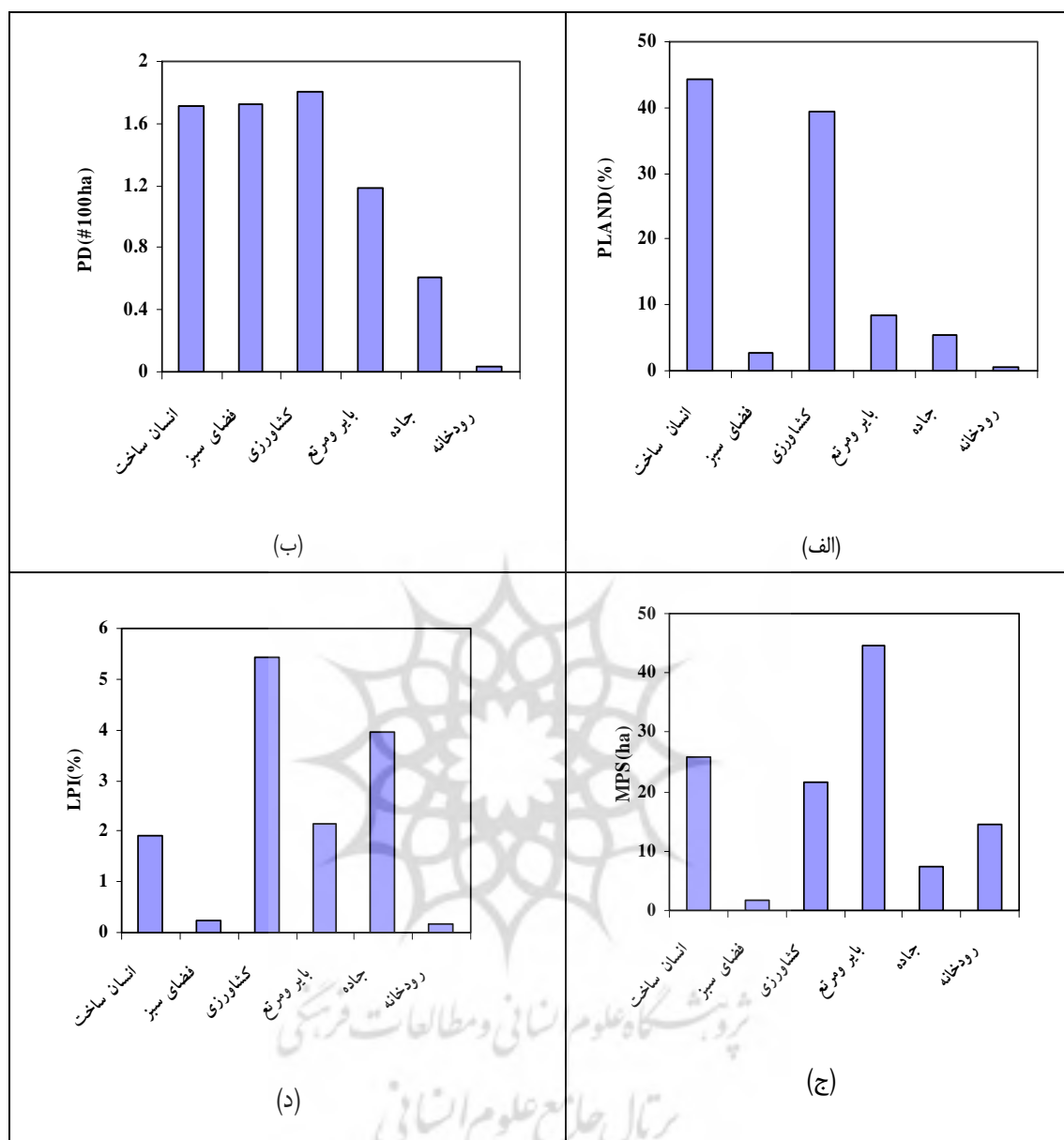
متریک‌های سیمای سرزمین	علامت اختصاری	تعریف
متریک‌های ترکیب		
درصد پوشش ^۲	PLAND	نسبت کل سطح اشغال شده به وسیله‌ی یک نوع لکه
تراکم لکه ^۳	PD	تعداد لکه در ۱۰۰ هکتار
تراکم حاشیه ^۴	ED	طول کل حاشیه‌ها (در هر هکتار) برای هر کلاس یا سیمای سرزمین
نمایه بزرگترین لکه ^۵	LPI	نسبت مساحت بزرگترین لکه نسبت به کل سیمای سرزمین
میانگین اندازه‌ی لکه ^۶ (هکتار)	MPS	میانگین اندازه‌ی لکه (هکتار)
متریک‌های توزیع مکانی		
نمایه شکل سیمای سرزمین ^۷	LSI	شکل سیمای سرزمین که از نسبت طول کل حاشیه‌ی لکه‌ها بر مساحت کل، به دست می‌آید.
میانگین شکل لکه‌ی وزن داده شده به وسیله‌ی مساحت ^۸	AWMSI	میانگین شکل کل لکه‌ها، در کل سیمای سرزمین که به وسیله‌ی مساحت لکه‌ها وزن‌دهی شده است.

منبع: McGarigal et al., 2002

خصوصیات کلی سیمای سرزمین شهر اصفهان

برای شناسایی خصوصیات کلی سیمای سرزمین شهر اصفهان، از چهار متریک درصد انواع کاربری اراضی، تراکم لکه، نمایه‌ی بزرگترین لکه و میانگین اندازه‌ی لکه استفاده شد.

1. Fragstat
2. Percent coverage
3. Patch Density
4. Edge Density
5. Largest Patch Index
6. Mean Patch size
7. Landscape Shape Index
8. Area weighted mean patch shape index



شکل ۴. نمودار خصوصیات کلی سیمای سرزمین شهر اصفهان (الف) درصد کاربری اراضی (درصد کل مساحت سیمای سرزمین)؛ (ب) تراکم لکه؛ (ج) میانگین اندازه‌ی لکه (ha)؛ (د) بزرگترین اندازه‌ی لکه (%)

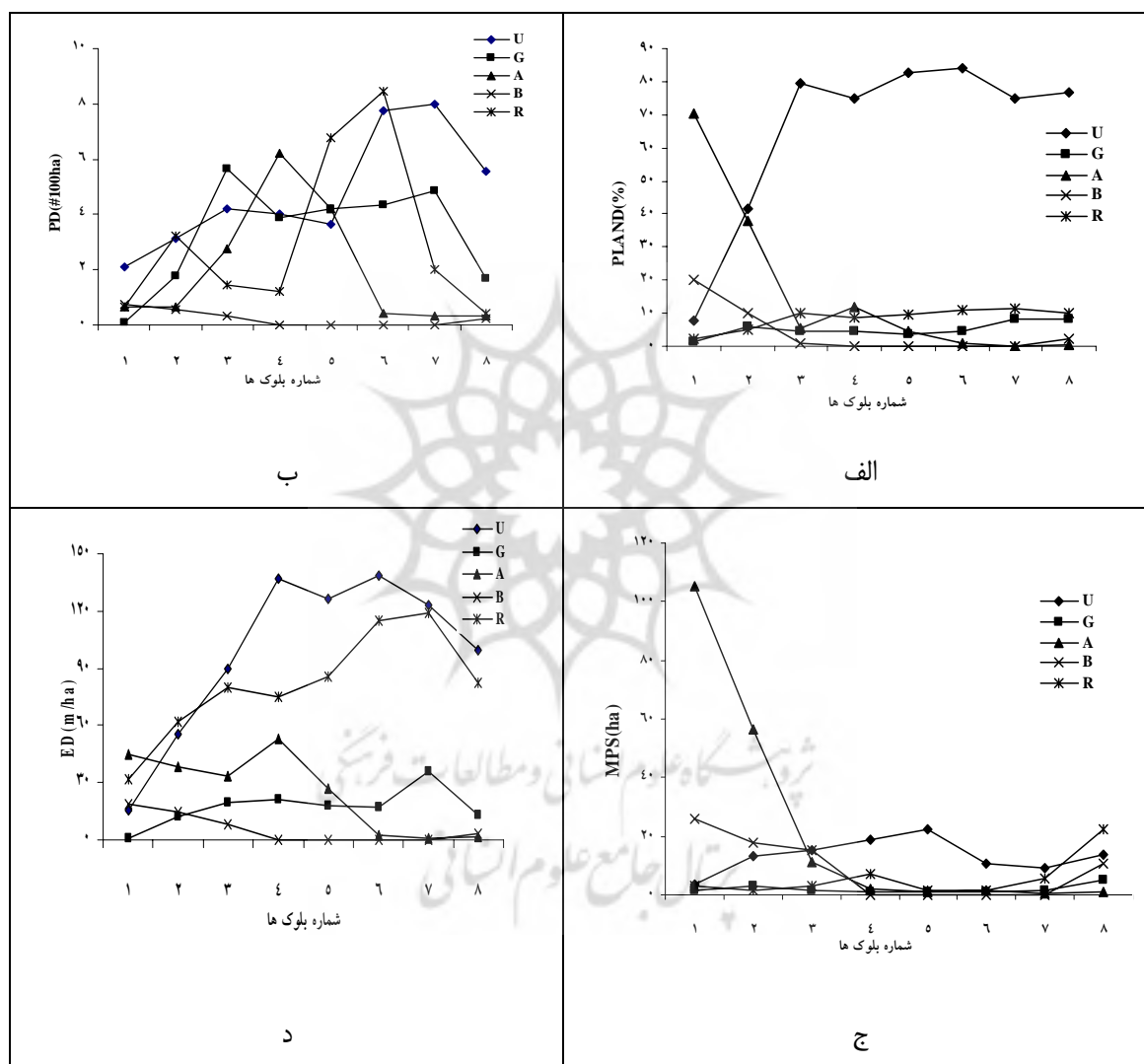
همان‌طور که در شکل ۴ - الف ملاحظه می‌شود، بیشترین درصد کاربری اراضی شهر اصفهان، مربوط به اراضی انسان‌ساخت است. درصد کاربری انسان‌ساخت در حدود ۴۵ درصد کل شهر اصفهان است. زمین‌های کشاورزی دومین کاربری عمده شهر است و در حدود ۳۹ درصد سیمای سرزمین شهر را اشغال کرده است. درصد فضای سبز و جاده و رودخانه، به ترتیب در حدود ۳، ۶ و ۵/۰ درصد کل شهر هستند.

در بین کاربری‌ها، تراکم لکه‌ی کشاورزی در هر ۱۰۰ هکتار بیشترین مقدار است (شکل ۴-ب). مطابق شکل ۴-ج، میانگین اندازه‌ی لکه‌ی بایر و مرتع و اراضی انسان‌ساخت بیشترین مقدار است. نمایه‌ی بزرگترین اندازه‌ی لکه‌ی زمین‌های کشاورزی و بایر و مرتع بیشترین مقدار است (شکل ۴-د).

بررسی ترانسکت در سطح کلاس

بررسی ترانسکت شرق - غرب در سطح کلاس

در این ترانسکت به دلیل اینکه رودخانه کمتر از ۱ درصد کل ترانسکت را اشغال کرده است، در محاسبات وارد نشده است. درصد پوشش انواع کاربری‌های شهری، کشاورزی، فضای سبز، اراضی بایر، جاده و رودخانه با فاصله گرفتن از شمال به سمت جنوب، متفاوت است.



شکل ۵. تغییرات در الگوی سیمای سرزمین در طول ترانسکت شمالی - جنوبی در سطح کلاس (الف) درصد کاربری اراضی؛ (ب) تراکم لکه؛ (ج) میانگین اندازه‌ی لکه؛ (د) تراکم حاشیه

همان‌طور که شکل ۵-الف نشان می‌دهد، روند تغییر درصد اراضی کشاورزی و انسان‌ساخت، کمابیش برعکس هم است. از بلوک ۱ تا بلوک ۳ افزایش ناگهانی کاربری انسان‌ساخت مشاهده شده و از بلوک ۳ به بعد، این تغییرات روند افزایشی محسوسی نداشت و در کلاس انسان‌ساخت این روند برعکس شد. در ترانسکت شمالی - جنوبی بیشترین درصد کلاس انسان‌ساخت در بلوک ۶ مشاهده شد. در بلوک مرکز شهر، به‌علت وجود لگه‌ی رودخانه و اشغال کردن درصدی از

سیمای سرزمین، درصد اراضی انسان ساخت به نسبت بلوک ۶ کمتر است. لکه‌های فضای سبز در بلوک‌های نزدیک رودخانه، یعنی ۷ و ۸ بیشترین درصد فضای سبز را داشت. اراضی کشاورزی از بلوک ۱ تا ۳ روند کاهشی بسیار شدیدی داشت و بعد از این کاهش، تغییرات زیادی در مقدار آن مشاهده نشد. مقدار درصد این اراضی در بلوک‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ کمابیش صفر است. درصد مساحت اشغال شده توسط فضای سبز نیز در طول ترانسکت تغییر کرده است. بیشترین درصد آن در بلوک ۷ است. اراضی بایر نیز، تنها در حاشیه‌ی شمالی و درصد بسیار کمی در حاشیه‌ی جنوبی وجود دارد. حداکثر و حداقل درصد کاربری جاژه، به ترتیب در بلوک ۷ و ۱ مشاهده شد.

مطابق شکل ۵ - ب، متریک تراکم لکه در کلاس انسان ساخت در بلوکی بیشترین مقدار است که مرکز شهر در آن واقع است. مقدار این متریک در کلاس انسان ساخت از حاشیه‌ی شمالی به سمت جنوب، کمابیش روند افزایشی داشت. در کلاس فضای سبز و کشاورزی حداکثر تراکم لکه به ترتیب در بلوک ۴ و ۷ مشاهده شد. در کلاس جاژه نیز مقدار این متریک در بلوک ۶، ۷ و ۸ بیشتر از سایر بلوک‌ها بود.

مطابق شکل ۵ - ج، تراکم حاشیه در کلاس انسان ساخت الگوی منظمی ندارد. تراکم حاشیه‌ی فضای سبز در بلوک ۷ بیشترین مقدار بود. تراکم حاشیه‌ی کلاس کشاورزی نیز در بلوک ۱ حداکثر است.

متریک میانگین اندازه‌ی لکه (MPS) در کلاس انسان ساخت، در بلوک ۵ بیشترین مقدار است؛ یعنی در این بلوک اندازه‌ی لکه‌های انسان ساخت بزرگ است، اما در بلوک ۷ کمترین مقدار مشاهده شد؛ زیرا در این بلوک به‌علت تراکم بالای جاژه‌ها، لکه‌های انسان ساخت به‌شدت تکه‌تکه شده‌اند و اندازه آنها کوچک شده است. در کلاس کشاورزی، میانگین اندازه‌ی لکه‌ها در بلوک ۱ و ۲ زیاد است، اما در بلوک‌های بعدی به‌شدت کاهش یافته و به صفر می‌رسد. حداکثر مقدار متریک میانگین اندازه‌ی لکه در کلاس بایر، در بلوک ۱ مشاهده شد (شکل ۵ - د).

بررسی ترانسکت شمال - جنوب در سطح کلاس

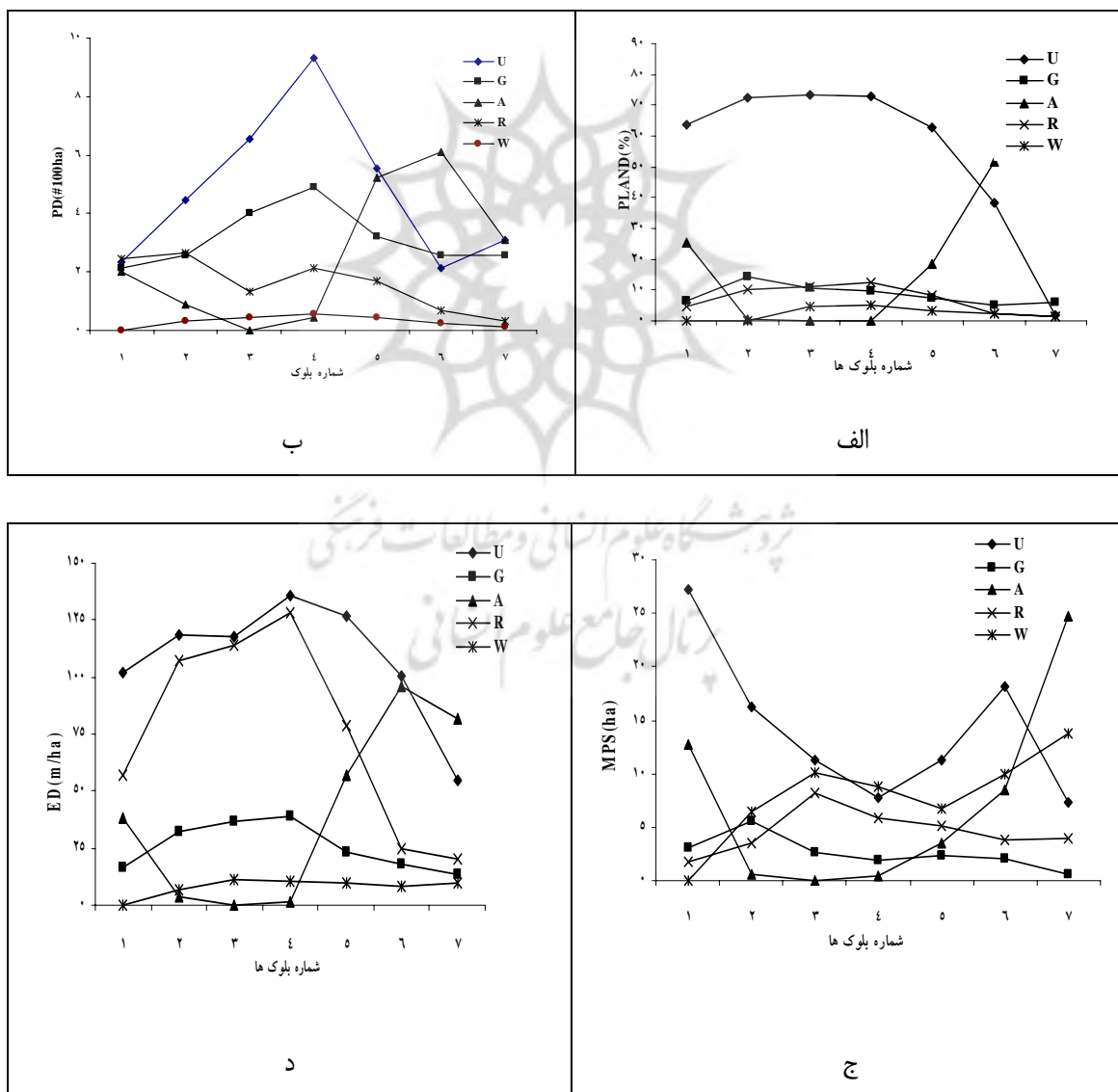
در این قسمت به‌علت اینکه اراضی بایر کمتر از یک درصد کل ترانسکت را اشغال کرده، در محاسبات وارد نشده است. همان‌طور که در شکل ۶ - الف ملاحظه می‌شود، درصد پوشش اراضی کلاس انسان ساخت در بلوک ۴ بیشترین مقدار است و از بلوک ۴ به سمت شرق و غرب، به تدریج از مقدار آن کاسته می‌شود، اما مقدار و سرعت این کاهش به سمت غرب بیشتر از شرق است. به طوری که مقدار آن در بلوک ۷ کمابیش به صفر می‌رسد. درصد اراضی کشاورزی برعکس مرکز شهر، در طرفین ترانسکت بیشترین درصد است. مقدار آن در بلوک ۷ به ۸۰ درصد می‌رسد. از شرق و غرب به سمت مرکز، از مقدار درصد اراضی کشاورزی کاسته می‌شود. درصد پوشش لکه‌های فضای سبز در مرکز شهر بیشترین مقدار است. حداکثر و حداقل کلاس جاژه به ترتیب در بلوک ۴ و ۷ است. اراضی بایر، به‌علت درصد بسیار کم در این ترانسکت حذف شد. در این ترانسکت برعکس ترانسکت شمال - جنوب، کمابیش رودخانه در تمامی بلوک‌ها درصدی را اشغال کرده است.

نمایه‌ی تراکم لکه در کلاس انسان ساخت، کمابیش الگوی قرینه‌ای دارد؛ یعنی مقدار آن در بلوک ۴ حداکثر و به

طرف حاشیه‌ها از مقدار آن کاسته می‌شود. تراکم لگه‌ی فضای سبز و کشاورزی، به‌ترتیب در بلوک ۴ و ۶ حداکثر است (شکل ۶-ب).

متریک میانگین اندازه‌ی لگه در کلاس شهری از حاشیه‌ی شرقی تا بلوک ۴، روند کاهشی دارد و سپس تا بلوک ۶ روند افزایشی و بعد دوباره کاهش می‌یابد. در کلاس کشاورزی در طرفین شرقی و غربی، میانگین اندازه‌ی لگه‌های کشاورزی بالاست، اما در بلوک‌های میانی این مقدار به‌سمت صفر میل می‌کند. میانگین اندازه‌ی لگه‌های فضای سبز در بلوک ۳ بیشترین مقدار است (شکل ۶-ج).

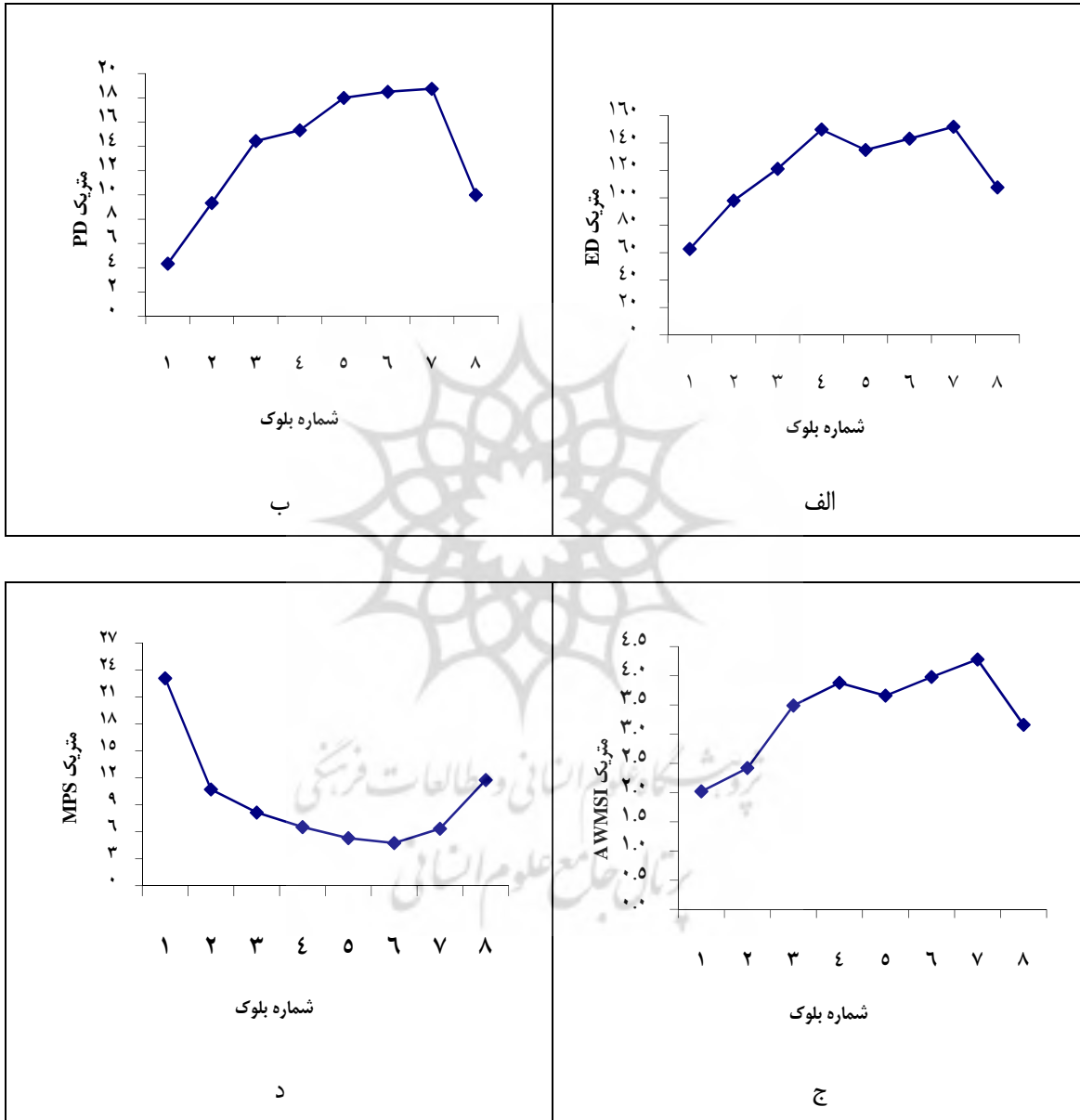
مطابق شکل ۶-د تراکم حاشیه‌ی کلاس انسان‌ساخت و فضای سبز در بلوک ۴ حداکثر است و از مرکز به‌سمت حاشیه، مقادیر کاهش می‌یابد. تراکم حاشیه‌ی کلاس کشاورزی در بلوک ۶ بیشترین مقدار است.



شکل ۶. تغییرات در الگوی سیمای سرزمین در طول ترانسکت شرقی - غربی در سطح کلاس (الف) درصد کاربری اراضی؛ (ب) تراکم لگه؛ (ج) میانگین اندازه‌ی لگه؛ (د) تراکم حاشیه

بررسی ترانسکت شمال - جنوب در سطح سیمای سرزمین

بررسی ترانسکت شمال - جنوب در سطح سیمای سرزمین، به وسیله‌ی چهار متریک تراکم لگه، تراکم حاشیه، میانگین شکل وزن داده‌شده به وسیله‌ی مساحت و میانگین شکل لگه انجام شد.



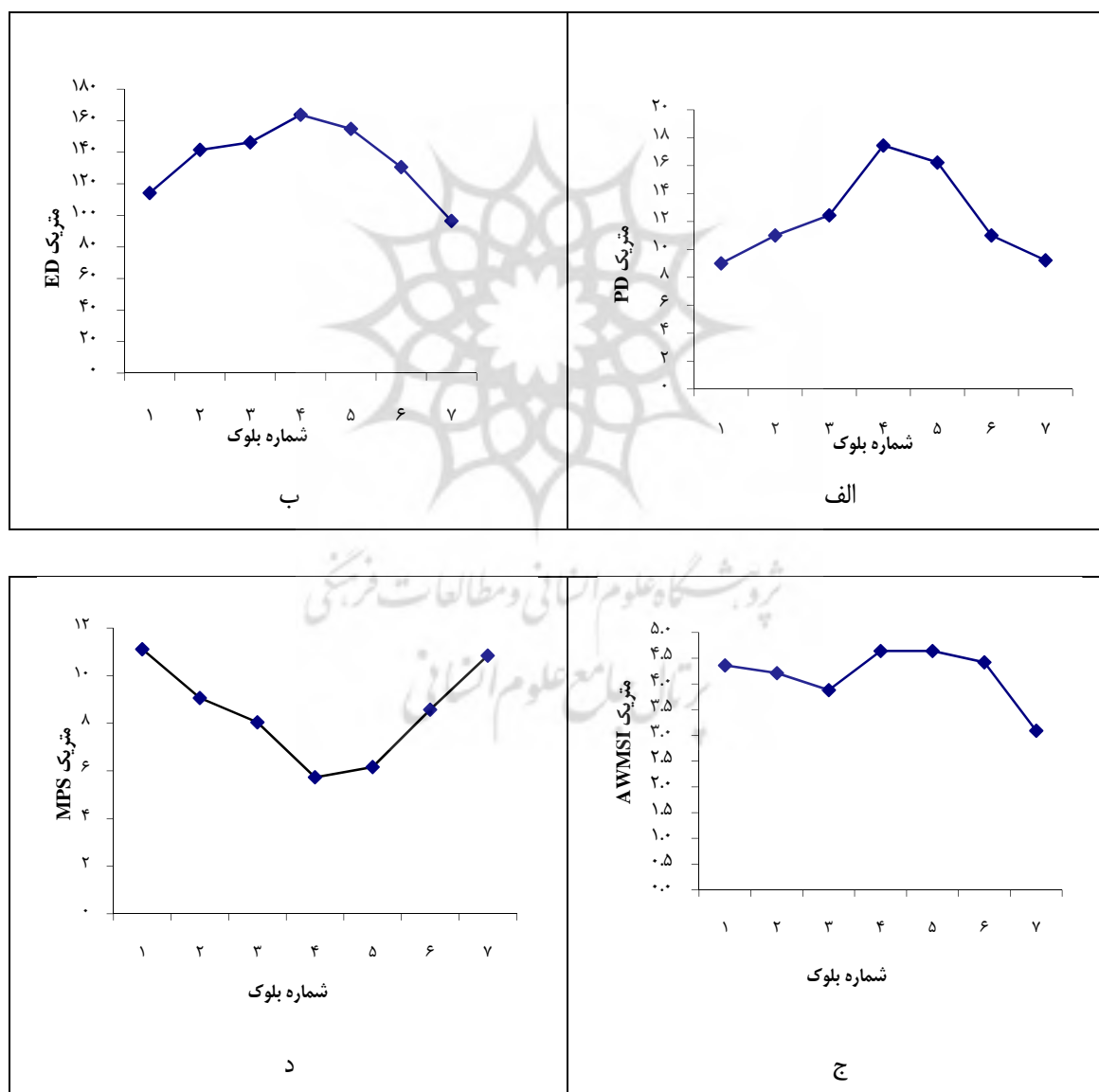
شکل ۷. روند تغییرات متریک‌ها در طول ترانسکت شمالی - جنوبی در سطح سیمای سرزمین. الف) تراکم لگه؛ ب) تراکم حاشیه؛ ج) نمایه‌ی میانگین شکل لگه‌ی وزن‌دهی شده به وسیله‌ی مساحت؛ د) میانگین اندازه‌ی لگه

تراکم لگه و تراکم حاشیه در بلوک ۷ بیشترین مقدار است (شکل ۷- الف و ب). میانگین شکل لگه‌ی وزن داده‌شده به وسیله‌ی مساحت در این ترانسکت روند منظمی ندارد (شکل ۷- ج).

همان طور که در شکل ۷-د ملاحظه می‌شود، میانگین اندازه‌ی لکه بر عکس تراکم لکه و تراکم حاشیه در بلوک ۴ کمترین مقدار است.

بررسی ترانسکت شرقی - غربی در سطح سیمای سرزمین

در ترانسکت شرقی - غربی نیز روند تغییرات تراکم لکه و تراکم حاشیه، همانند ترانسکت شمالی - جنوبی است (شکل ۸-الف و ب). تراکم لکه و تراکم حاشیه در بلوک ۴ بیشترین مقدار است. میانگین شکل لکه‌ی وزن داده‌شده به‌وسیله‌ی مساحت در این ترانسکت روند منظمی ندارد (شکل ۸-ج).



شکل ۸. روند تغییرات متریک‌ها در طول ترانسکت شرقی - غربی در سطح سیمای سرزمین. الف) تراکم لکه؛ ب) تراکم حاشیه؛ ج) نمایه‌ی میانگین شکل لکه‌ی وزن‌دهی شده به‌وسیله‌ی مساحت؛ د) میانگین اندازه‌ی لکه

همان طور که در شکل ۸-د ملاحظه می‌شود، برعکس تراکم لکه و تراکم حاشیه، میانگین اندازه‌ی لکه در بلوک ۴ کمترین مقدار و در بلوک ۱ و ۷ بیشترین مقدار است.

بحث و یافته‌ها

در تحلیل گرادیان تلاش شده است به پرسش‌های زیر پاسخ داده شود:

- آیا به‌وسیله‌ی تحلیل الگوی سیمای سرزمین گرادیان‌های شهری قابل آشکارسازی هستند؟
 - چگونه با تغییر فاصله از مرکز شهر انواع کاربری اراضی تغییر می‌کنند؟
 - آیا تفاوت عمده‌ای بین ترانسکت عبور داده شده‌ی شمال - جنوب و شرق - غرب دیده می‌شود؟
 - چگونه متریک‌های مختلف، در فواصل مختلف ترانسکت تغییر می‌کنند؟
- در کل، چیرگی نسبی انواع کاربری در این ترانسکت الگوی مشخصی ارائه داد:

تغییر کاربری از کشاورزی به سمت انسان‌ساخت. به‌طور حتم فاصله‌ای که در کاربری اراضی شهری و جاده‌ای بیشینه است، در مرکز شهر واقع شده است.

درصد انواع کاربری‌های انسان‌ساخت، کشاورزی، فضای سبز، اراضی بایر، جاده و رودخانه با فاصله گرفتن از شرق به سمت غرب تغییر می‌کند.

گرادیان تغییرات کاربری‌ها در ترانسکت شمال - جنوب به‌صورت ترکیب لکه‌های کشاورزی، شوره‌زار و مرتع (ترکیب کشاورزی و انسان‌ساخت) کاملاً انسان‌ساخت است و در ترانسکت شرقی - غربی این گرادیان به‌صورت ترکیب مناطق کشاورزی و انسان‌ساخت (کاملاً انسان‌ساخت) ترکیب کشاورزی و انسان‌ساخت تغییر می‌کند.

در این مطالعه، مرکز شهر به‌وسیله‌ی چند متریک در هر دو ترانسکت قابل تشخیص است. برخی از این متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین و کلاس، تغییرات چشم‌گیری در الگوی سیمای سرزمین در نزدیکی و مرکز شهر در هر دو ترانسکت از خود نشان دادند. تراکم لکه‌ها به سمت مناطق انسان‌ساخت به‌صورت مثبت افزایش پیدا کرده است. متریک تراکم لکه، تراکم حاشیه و نمایه‌ی شکل لکه، در سطح سیمای سرزمین در مرکز شهر حداکثر است. علت این افزایش، توسعه‌ی مناطق و از بین رفتن زمین‌های بزرگ کشاورزی است.

در این مطالعه تراکم لکه و تراکم حاشیه به سمت مرکز شهر افزایش یافته است. ژانگ و همکاران (۲۰۰۶) نیز در مطالعه‌ی خود در شهر شانگهای به این نتیجه رسیدند که با افزایش درجه توسعه‌ی شهری وساخت‌وسازهای انسانی، نه تنها تراکم، بلکه بی‌نظمی شکل لکه‌ها نیز افزایش می‌یابد. ژانگ و همکاران پیشنهاد دادند، افزایش توسعه‌ی شهری و ساخت‌وساز، موجب ترکیب متنوع‌تر سیمای سرزمین، بی‌نظمی هندسی و تکه‌تکه‌تر شدن اکولوژیکی می‌شود.

بررسی متریک درصد پوشش اراضی در سطح کلاس‌ها در دو ترانسکت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی نشان داد، جایی که درصد اراضی شهری حداکثر است و مرکز شهر به‌شمار می‌رود، لکه‌های فضای سبز نیز بیشترین درصد را دارد.

تعداد لکه‌های فضای سبز در مرکز شهر، به نسبت سایر نقاط ترانسکت بیشتر است. اما میانگین اندازه‌ی این لکه‌ها پایین است.

با توجه به روند تغییرات متریک‌ها نیز می‌توان نتیجه‌گیری کرد که الگوی ترانسکت شرقی - غربی نسبت به ترانسکت شمالی - جنوبی متقارن است. این مطالعه نشان داد که در شهر اصفهان، روند تغییرات کاربری‌ها به صورت کاملاً خطی و قرینه نیستند. نتایج تحلیل گرادیان در شانگهای نشان داد، روندهای پراکنش کاربری اراضی وابسته به فاصله، در شهر شانگهای نیز به طور دقیق خطی و قرینه نیستند.

در مطالعه‌ی ونگ روی شهر ویسکانسین انجام داد، نمایه‌ی تراکم لکه با افزایش توسعه‌ی شهری و ساخت‌وساز به صورت مثبت افزایش یافته است. در حالی که میانگین اندازه‌ی لکه به صورت منفی با افزایش توسعه‌ی شهری تغییر کرده است. در این مطالعه، مرکز شهر با تراکم بالای لکه و اندازه کوچک لکه قابل شناسایی است.

تغییرات الگوی سیمای سرزمین در طول ترانسکت‌ها بر کارکردهای اکولوژیک تأثیرات بسیاری دارد. برای مثال، از بین بردن لکه‌های بزرگ کشاورزی، موجب تکه‌تکه‌شدن و افزایش تراکم لکه‌های انسان ساخت می‌شود و این پدیده بر چرخه‌ی زیست - زمین - شیمیایی تأثیر خواهد داشت (Baker et al., 2001).

ترانسکت، مناسب‌ترین وسیله برای شناخت تغییرات سیمای سرزمین در مقیاس وسیع در طول گرادیان حومه‌ی شهری است (Luck and Wu, 2001).

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد، الگوی سیمای سرزمین شهری را می‌توان به وسیله‌ی متریک‌های ترکیب و توزیع مکانی کمی کرد.

این مطالعه نشان داد در طول ترانسکت‌ها، علاوه بر تغییرات کاربری‌ها، شکل و تراکم لکه‌ها نیز تغییر کرده است و روند این تغییرات در دو ترانسکت از هم متفاوت است.

از این نتایج می‌توان چنین برداشت کرد که مقادیر تراکم لکه و تراکم حاشیه با توسعه‌ی شهری افزایش یافته است. بنابراین روند تغییر الگوی کاربری‌ها در ترانسکت شرقی - غربی قرینه‌تر هستند. با توجه به روند تغییرات متریک‌ها نیز می‌توان گفت که الگوی ترانسکت شرقی - غربی، نسبت به ترانسکت شمالی - جنوبی قرینه‌تر است. این مطالعه نشان داد که در شهر اصفهان، روند تغییرات کاربری‌ها به صورت کاملاً خطی و قرینه نیست.

ادامه‌ی این مطالعه برای فهم سازوکارهای شکل‌گیری الگوی سیمای سرزمین شهری، نیاز به چارچوب جامع‌تری شامل، مطالعات جغرافیایی، اکولوژیک، اقتصادی - اجتماعی و سیاسی دارد (Luck et al., 2001).

پیشنهادها

در پایان این مطالعه موارد زیر برای مطالعات بعدی پیشنهاد می‌شود:

- ارتباط بین فرایندهای اکولوژیک و الگوی سیمای سرزمین در طول ترانسکت‌ها مطالعه شود.

- می‌توان در مطالعات آینده، ارتباط بین الگوی کاربری اراضی و وضعیت گرمایی و آب‌وهوایی را بررسی کرد.
- می‌توان از نتایج حاصل در پیش‌بینی وضعیت آینده‌ی الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان استفاده کرد.
- از اندازه‌گیری‌های مکانی در شناخت چگونگی رشد و مرفولوژی شهر استفاده شود.

منابع

1. Baker, L.A., Hope D., Xu, Y., Edmonds, J. and Lauver, L, 2001, **Nitrogen Balance for the Central Arizona-Phoenix (CAP) Ecosystem**, Ecosystems, No. 4, PP. 582-602.
2. Gustafson, E. J., 1998, **Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art?**, Ecosystems, Vol. 1, No. 1, PP. 143-156.
3. Herold, M., Goldstein, N. C., Clarke, K. C., 2003, **The Spatiotemporal Form of Urban Growth: Measurement, Analysis and Modeling**, Remote Sensing of Environment, Vol.86, PP. 286-302.
4. Kong, F., Yin, H., and Nakagoshi, N., 2007, **Using GIS and Moving Window Method in the Urban Land Use Spatial Pattern Analyzing**, Geospatial Information Science, Vol.6735, PP. 6753 1Q.
5. Leitao, A. B. and Ahern, J., 2002, **Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning**, Landscape and Urban Planning, Vol. 59, No. 2, PP. 65-93.
6. Lock, M. and Wu, j., 2002, **A Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern: from the Phoenix Metropolitan Region, Arizona, USA**, Landscape Ecology, Vol. 17, No. 4, PP. 327-339
7. McGarigal, K., Cushman, S. A. and Neel, M. C., Ene, E., 2002, **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps**, Computer Software Program Produced by the Authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
8. Shafaghi, S., 2001, **Isfahan Geography**, Isfahan University Publication, Isfahan. (In Persian)
9. Sudhira, H. S., Ramachandra, T. V., Jagadish, K. S., 2004, **Urban Sprawl: Metrics, Dynamics and Modelling Using GIS**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 5, PP. 29-39.
10. **The Atlas of Isfahan City**, 1997, Geography and Cartography Organization, Tehran. (In Persian)
11. Turner, M. G. and Gardner, R. H., 1994, **Quantitative Methods in Landscape Ecology: the Analysis and Interpretation of Landscape Ecology**, Springer – Verlag, New York.
12. Turner, M. G., 1989, **Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process**, Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 2, PP. 171-197.
13. Turner, M. G., Gardner, R. H. and Dale, V. H. et al., 1989, **Predicting The Spade of Disturbance Across Heterogeneous Landscapes**, Oikos, Vol. 55, PP. 121-129.
14. Turner, M. G., Gardner, R. H. and O'Neill, R. V., 2001, **Landscape Ecology in Theory and Practice**, Springer-Verlag, New York.

- 15 . Wang, Y., Li, J., Fan, Z., Wang, X., 2008, **GIS- based Urban Mosaic and Its Gradient Analysis**, IEEE, the Second International Conference On Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE 2008), Shanghai, China.
- 16 . Weng, Y., 2007, **Spatial Changes of Landscape Pattern in Response to Urbanization**, Landscape and Urban Planning, Vol. 81, No. 4, PP. 341-353.
- 17 . Wu, J., 2004, **Effects of Changing Scale on Landscape Pattern Analysis: Scaling Relations**, Landscape Ecology, Vol. 19, No. 2, PP. 125-138.
- 18 . Zhang Hui-Yuan, NI Jin-ren, 2001, **Discussion on the Space Methods of the City Space Ecology Adjusts and Control**, City Planning Review, Vol. 25, No. 7, PP. 15-18.
- 19 . Zhang, L., Shu, J., Wu, J. and Zhen, Y., 2004, **A GIS-based Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern of Shanghai Metropolitan Area, China**, Landscape Urban Planning, Vol. 69, No. 1, PP. 1-16.
- 20 . Zhang, Q., Yifang, B., Jiyuan, L., Sha, Q. and Hu, Y., 2008, **Analysis of Landscape Dynamics in Shanghai Using Landscape Metrics: Effects of Spatial Resolutions**, the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XXXV, partB6b, Beijing.
- 21 . Zhou, Z. Z., Cai, M. T. and Xu, Y. T., 1999, **Land Use and Landscape Dynamics in a Rural Area**, Forest Research, Vol. 12, PP. 599-605.

