جغرافیا و پایداری محیط، شمارهٔ ۲۲، بهار ۱۳۹۶
صص. ۹۶-۸۳

پایش تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از تحلیل گرادیان (مطالعهٔ موردی: شهرستان بهبهان)

میرمهرداد میرسنجری* - استادیار محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران
فاطمه محمدیاری - دانشجوی دکتری آمایش محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران

وصول: ۱۳۹۵/۱۱/۰۹ **پذیرش:** ۱۳۹۶/۰۱/۲۱

چکیده

به منظور ارزیابی کارکردهای اقتصادی - اجتماعی و اکولوژیک شهری، کمّی‌کردن الگوی سیمای سرزمین ضروری است. در این راستا، استفاده از آنالیز گرادیان نیز روشی بسیار مؤثّر است. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر، کمّی‌کردن سیمای سرزمین شهرستان بهبهان با استفاده از تلفیق متریک‌های سرزمین و تحلیل گرادیان است. بدین منظور، تغییرات کاربری‌ها طی یک دورهٔ ۱۴ ساله (۱۳۹۲-۱۳۷۸) بررسی شد. برای انجام تحلیل گرادیان دو مقطع در جهت شمال - جنوب و شرق - غرب طرّاحی شد. متریک‌ها در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین با روش پنجرهٔ متحرّک محاسبه گردید. نتایج نشان داد در طول مستطیل‌ها، علاوه بر تغییرات کاربری‌ها، شکل و تراکم لکّه‌ها نیز تغییر کرده و روند این تغییرات در دو مقطع از هم متفاوت است. همچنین با نگاهی به نتایج به دست آمده از آنالیز در هر دو مقطع، در سطح کلاس می‌توان گفت که تراکم لکّه و حاشیه به سمت مرکز شهر افزایش یافته است. نتایج به دست آمده از شاخص‌های سیمای سرزمین مبتنی بر مقایسهٔ وضعیّت توزیع و پراکندگی کاربری‌ها نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۲ توزیع و پراکندگی کاربری اراضی به‌ویژه اراضی کشاورزی و مسکونی، دارای پراکنش بیشتری در سطوح سیمای سرزمین شهرستان بهبهان است. این موضوع، نشان‌دهندهٔ توسعهٔ شهر و اراضی کشاورزی و کاهش اراضی مرتعی در منطقه در سال ۱۳۹۲ نسبت به ۱۳۷۸ است. با توجّه به روند تغییرات متریک‌ها می‌توان گفت که در کل، الگوی مقطع شمالی - جنوبی نسبت به شرقی - غربی متقارن است.

***واژگان کلیدی:** متریک‌های سیمای سرزمین، تحلیل گرادیان، پنجرهٔ متحرک، شهرستان بهبهان، کاربری اراضی.*

*. نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۲۱۹۰۱۱۳۴
E-mail: mehrdadmirsanjari@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدّمه

تغییرات کاربری و پوشش زمین، از مهم‌ترین مشکلات تغییرات محیط‌زیستی در سطوح جهانی تا محلّی‌اند. الگوهای تغییر کاربری، حاصل تغییرات پوشش زمین هستند که در اقلیم و بیوسفر جهانی اثر تجمّعی دارند (لامبین و گیست[1]، ۲۰۰۶). شناسایی، نظارت و پایش تغییرات پوشش سطح زمین یک فرآیند پیچیده است (سان و ژو[2]، ۲۰۱۶). در این راستا، مهم‌ترین روش برای درک و تعیین تغییر پوشش و کاربری سرزمین، تجزیه و تحلیل تغییرات الگوی سیمای سرزمین است (فان و دینگ[3]، ۲۰۱۶). در واقع، برنامه‌ریزی کاربری زمین بدون بهره‌گیری از اصول اکولوژی سیمای سرزمین، امری ناممکن است (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۴). سیمای سرزمین شامل سه دسته از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی، زیست‌شناختی و اقتصادی اجتماعی است (جباریان امیری، ۱۳۹۲: ۵۶) که برای مطالعهٔ آن در یک منطقه، این سه فاکتور باید در غالب اصول اکولوژی سیمای سرزمین مورد بررسی قرار گیرند. توانایی برای تشریح کمّی ساختار سیمای سرزمین، پیش‌شرط مطالعه و عملکرد ساختار سیمای سرزمین است و سنجه‌های مختلفی برای رسیدن به این هدف در اکولوژی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرند (مک گاریکال و مارکس[4]، ۱۹۹۵). فاکتورها و سنجه‌های سیمای سرزمین در سه سطح: کلّ گسترهٔ سیمای سرزمین، سطح طبقات کاربری و سطح تکّه قابل اندازه‌گیری است (سیموا و گدولوا[5]، ۲۰۱۲). سنجه‌های سیمای سرزمین شاخص‌هایی هستند که خصوصیت شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین (لکّه و کریدور) را قابل تعریف و به صورت کمّی قابل مقایسه می‌سازند (لاسوچ و هرزوگ[6]، ۲۰۰۲).

شهرها، به عنوان یک سیمای سرزمین ناهمگن، می‌توانند از دیدگاه اکولوژی سیمای سرزمین، مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند (وو[7]، ۲۰۰۴). سیمای سرزمین و کاربری‌های مناطق مختلف به واسطهٔ رشد شهرنشینی و افزایش جمعیّت، به سرعت در حال تغییر هستند. در عصر کنونی، گسترش شهرها به تغییرات بسیاری مانند از دست دادن زمین‌های کشاورزی و طبیعی، تکّه‌تکّه‌شدن جنگل‌ها و از دست دادن زیستگاه‌های طبیعی منجر شده است (پایور[8] و همکاران، ۲۰۱۱). درک تغییرات مکانی و زمانی الگوی سیمای شهری برای پیش‌بینی پروژه‌هایی با اهداف مختلف، مانند آمایش سرزمین، مدیریت منابع و حفاظت تنوّع زیستی، لازم است. تجزیه و تحلیل الگوی سیمای سرزمین به طور گسترده‌ای برای بررسی ویژگی‌های ساختاری سیمای سرزمین با استفاده از سنجه‌ها به کار می‌رود (پالمر[9]، ۲۰۰۸). در بیشتر مطالعات برای آشکارسازی تغییرات الگوی سیمای سرزمین شهری، از ترکیب تحلیل گرادیان و متریک‌های سیمای سرزمین استفاده می‌شود (سفیانیان و همکاران، ۱۳۹۲؛ صادقی بنیس و همکاران، ۱۳۹۲؛ طاهری و همکاران، ۱۳۹۳؛ لاسک و ویو[10]، ۲۰۰۲؛ ژانگ[11] و همکاران، ۲۰۰۴؛ لیو و ژو[12]، ۲۰۰۵)؛ همچنین استفاده از آنالیز گرادیان در مطالعات اثرات شهرنشینی بر تغییرات پراکنش گیاهی (سوکپ[13]،

1- Lambin & Geist
2- Sun & Zhou
3- Fan & Ding
4- Mcgarical & Marks
5- Simova & Gdulova
6- Lausch & Herzog
7- Wu
8- Piorr
9- Palmer
10- Luck & Wu
11- Zhang
12- Liu & Zhou
13- Sukkopp

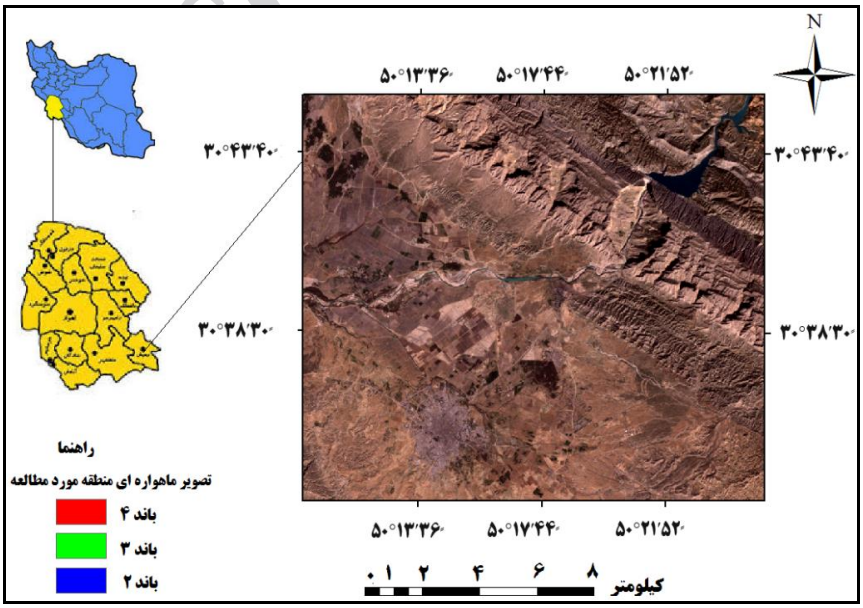
Archive of SID

www.SID.ir

۱۹۹۸) و ویژگی‌های اکوسیستم (ژو و کاریرو[1]، ۱۹۹۹) مورد استفاده قرار گرفته است. گرادیان‌ها می‌توانند شدّت گسترش شهری، تغییرات اکوسیستم و بازتاب آثار انسانی روی محیط‌زیست را به‌خوبی نشان دهند (مک دونل و پیکت[2]، ۱۹۹۰). لاسک و ویو (۲۰۰۲)، برای نخستین‌بار از ترکیب روش تحلیل گرادیان و بررسی متریک‌ها برای مطالعهٔ الگوی شهر آریزونا استفاده کردند. آنها نشان دادند که کمّی‌سازی گرادیان توسعهٔ شهری، اوّلین‌گام مؤثّر در پیوند الگو و فرآیند سازندهٔ آن در مطالعات اکولوژی شهری است. در ایران نیز سفیانیان و همکاران (۱۳۹۲)، اوّلین‌گام برای ارزیابی اثرات اقتصادی - اجتماعی و اکولوژیک ناشی از تغییر الگوی سیمای شهر را کمّی‌کردن الگوی سیمای سرزمین دانسته و با این هدف به آنالیز الگوی شهر اصفهان در سال ۱۳۸۶ با استفاده از سیستم اطّلاعات جغرافیایی و متریک‌های سیمای سرزمین پرداخته‌اند. در این مطالعه، با تهیّهٔ نقشه‌های کاربری اراضی شهر اصفهان در ۶ کلاس انسان‌ساخت، فضای سبز، کشاورزی، بایر و مرتع، جادّه و رودخانه، همچنین با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین، خصوصیات، اندازه و شکل لکّه‌ها به صورت کمّی برآورد شده است. به دنبال آن پژوهشگران دیگری مانند طاهری و همکاران (۱۳۹۳) و صادقی بنیس و همکاران (۱۳۹۲)، از ترکیب آنالیز گرادیان و سنجه‌های سیمای سرزمین برای بررسی فضاهای سبز شهری استفاده کردند. هدف از پژوهش حاضر، کمّی‌کردن الگوی مکانی شهرستان بهبهان با استفاده از روش گرادیان و درک چگونگی تغییر انواع مختلف کاربری‌ها و متریک‌ها در طول مقطع‌های مورد بررسی است.

مواد و روش‌ها

شهرستان بهبهان بین طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقهٔ شمالی در استان خوزستان قرار دارد. مساحت منطقه ۶۱۵ کیلومتر مربع است. همچنین اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن خشک است. حداکثر ارتفاع منطقه، ۱۳۸۰/۹۳ متر و حداقل ارتفاع آن، ۲۶۷/۱۴ متر از سطح دریا و حداکثر شیب منطقه، ۶۹/۸۷ و حداقل شیب آن ۰/۰۱ است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیّت منطقهٔ مطالعاتی

1- Zhu & Carreiro
2- McDonnell & Pickett

www.SID.ir

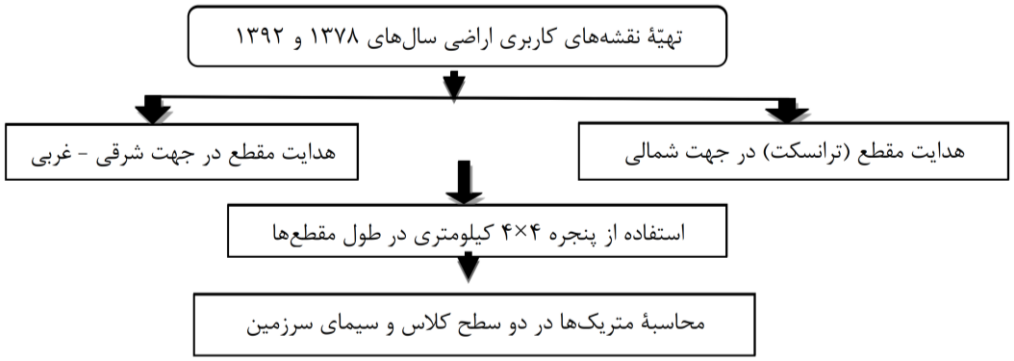
در این پژوهش، برای تهیّهٔ نقشهٔ کاربری اراضی سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲، از تصاویر ماهوارهٔ لندست سنجنده‌های ای.تی.ام[1] و او.ال.ای[2] استفاده شده است (جدول ۱).

مراحل گام‌به‌گام طبقه‌بندی تصویر شامل ۱- تعیین یک سیستم طبقه‌بندی مناسب؛ ۲- پردازش؛ ۳- انتخاب نمونه‌های آموزشی؛ ۴- انتخاب مناسب روش‌های طبقه‌بندی و پردازش پس از طبقه‌بندی؛ ۵- ارزیابی دقّت و صحّت است (لیو و ونگ[3]، ۲۰۰۷). تصاویر چندزمانهٔ استفاده‌شده در این پژوهش، در نرم‌افزار ادریسی[4] با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی گردیدند و نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ به دست آمد. به منظور تعیین نمونه‌های تعلیمی، از نقشه‌های رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد که ۶ طبقه جنگل (حرف اختصاری F)، اراضی کشاورزی (A)، مناطق مسکونی (U)، مناطق مرتعی (R)، منابع آبی (W) و اراضی لخت (B) در منطقه مشخّص شدند. روند تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

برای بررسی گرادیان شهری در طول مقطع‌ها مدل پنجرهٔ متحرّک[5] به کار برده شد. مقطع‌ها در محیط آرک جی.آی.اس[6] طرّاحی شدند. بدین ترتیب که در طول مقطع‌های هدایت‌شده، از پنجره‌های متحرّک برای تحلیل متریک‌های مختلف استفاده شد. این تکنیک، به عنوان روشی مناسب برای ارزیابی خصوصیات سیمای سرزمین و ساختار آن به کار می‌رود. پنجره‌ها در طول مقطع به وسیلهٔ یک ایستگاه نمونه‌گیری حرکت می‌کند و پهنای پنجره بستگی به هدف کاربر دارد (مختاری و همکاران، ۱۳۹۱). اگرچه این روش می‌تواند سبب شود که در مرکز، نمونه‌برداری بیشتر و در نواحی پیرامونی نمونه‌برداری کمتری صورت گیرد ولی این امر، نتیجهٔ نهایی را مورد تأثیر قرار نخواهد داد (یا و نگ[7]، ۲۰۰۷). با توجّه به اینکه سنجه‌ها در بسیاری از موارد دارای هم‌پوشانی هستند و اطّلاعات مشابهی از وضعیّت سیمای سرزمین ارائه می‌نمایند؛ لذا انتخاب سنجهٔ مناسب از میان تعدّد سنجه‌ها، امر مهمّی در استفاده از سنجنده‌ها محسوب می‌شود (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲).

جدول ۱. مشخّصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

ردیف	تاریخ میلادی	تاریخ هجری شمسی	ماهواره	سنجنده	اندازهٔ پیکسل	تعداد باند
۱	۲۰۰۰/۰۱/۲۴	۱۳۷۸/۱۱/۴	لندست ۷	ای.تی.ام	۲۸/۵	۸
۲	۲۰۱۴/۰۱/۲۲	۱۳۹۲/۱۱/۲	لندست ۸	او.ال.ای	۳۰	۱۱



شکل ۲. نمودار روش مطالعهٔ گرادیان شهرستان بهبهان

1- ETM+
2- OLI
3- Lu & Weng
4- IDRISI
5- Moving Windows
6- ARC GIS
7- Yu & Ng

www.SID.ir

بر این اساس، انتخاب متریک‌های مناسب در این مطالعه، بر اساس مرور منابع (سفیانیان و همکاران، ۱۳۹۲؛ صادقی بنیس و همکاران، ۱۳۹۲؛ مک گاریکال[1] و همکاران، ۲۰۰۲)، و با توجّه به تناسب سنجه‌ها با هدف مطالعه صورت گرفت. در این مطالعه، از هر دو دسته متریک ترکیب و توزیع مکانی، در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس در نرم‌افزار فرگ استت[2] استفاده شد (جدول ۲).

نقشهٔ کاربری اراضی شهر بهبهان نشان می‌دهد که توزیع کاربری‌های مختلف در دو جهت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی شهر با هم تفاوت دارد. بر این اساس، آنالیز گرادیان در دو جهت بررسی شد. همان‌طور که شکل ۳ نشان می‌دهد دو مقطع در جهت شرقی - غربی و شمالی - جنوبی هدایت شد. همچنین مسیر عبور این دو مقطع به گونه‌ای طرّاحی شد که هر دو از مرکز شهر عبور کنند. طول مقطع شمالی - جنوبی ۲۴ کیلومتر و عرض آن ۴ کیلومتر و طول مقطع شرقی - غربی ۲۰ کیلومتر و عرض آن ۴ کیلومتر طرّاحی شد. همچنین مقطع شمالی - جنوبی از ۶ بلوک و مقطع شرقی - غربی از ۵ بلوک، ۴×۴ کیلومتری تشکیل شده است.

نتایج

بررسی مستطیل‌های شمال جنوب در سطح کلاس در سال ۱۳۷۸ نشان می‌دهد که درصد پوشش انواع کاربری‌های شهری، کشاورزی، رودخانه، جنگل، مرتع و اراضی لخت با فاصله‌گرفتن از شمال به سمت جنوب، متفاوت است (شکل ۴).

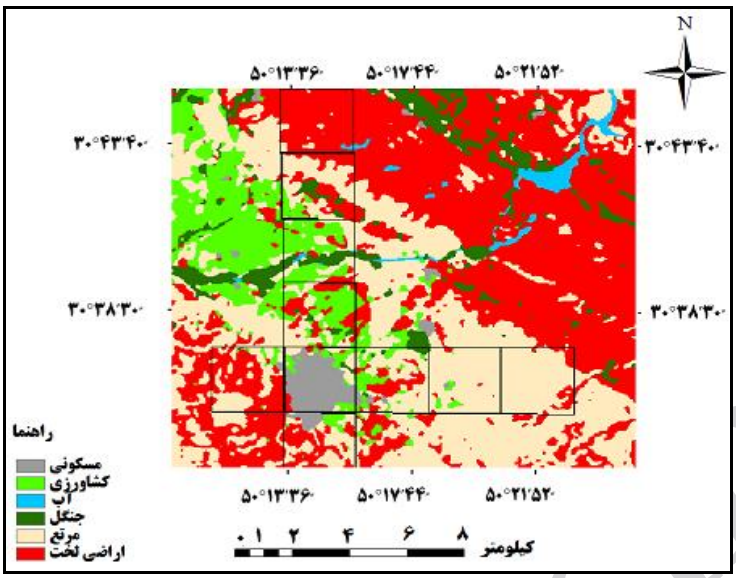
جدول ۲. معرّفی متریک‌های سیمای سرزمین

متریک‌های سیمای سرزمین	علامت اختصاری	تعریف	واحد	دامنه تغییرات
متریک‌های ترکیب				
تراکم لکّه[3]	PD	الگوی سیمای سرزمین را نشان داده و بیانگر تعداد لکّه در واحد سطح (در هر صد هکتار) بوده و مقایسهٔ سیمای سرزمین را با سطوح مختلف ساده‌تر می‌کند.	تعداد لکّه در هر صد هکتار	PD>0
تراکم حاشیه[4]	ED	طول کلّ حاشیه‌ها (در هر هکتار) برای هر کلاس یا سیمای سرزمین	متر در هکتار	ED >0
درصد مساحت از سیمای سرزمین[5]	PLAND	درصد مساحت اشغال‌شده از سیمای سرزمین که توسّط یک کلاس اشغال شده است.	درصد	0<PLAND<100
میانگین سطح لکّه[6]	MPS	اندازه متوسّط لکّه‌هاست	هکتار	MPS>0
متریک‌های توزیع مکانی				
شاخص شکل سیمای سرزمین[7]	LSI	نسبت محیط کلاس به حداقل محیط ممکن برای یک کلاس با حداکثر تجمّع (انباشتگی) است که این زمانی اتّفاق می‌افتد که کلاس تا حدّ ممکن در یک لکّه فشرده و کپه شده باشد. وقتی کلاس پراکنده‌تر می‌شود، این سنجه بدون محدودیت افزایش می‌یابد.	بدون واحد	LSI≥1
میانگین شکل لکّهٔ وزن داده‌شده به وسیلهٔ مساحت[1]	AWMSI	میانگین شکل کلّ لکّه‌ها، در کلّ سیمای سرزمین که به وسیلهٔ مساحت لکّه‌ها وزن‌دهی شده است.	هکتار	AWMSI≥1

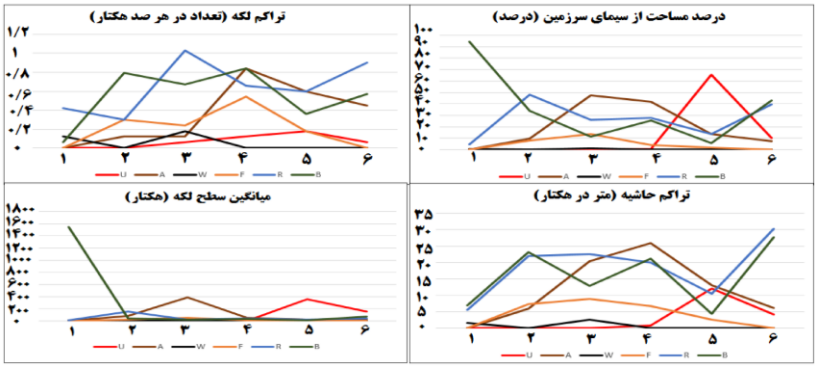
1- Mcgarical
2- FRAGSTATS
3- Patch Density
4- Edge Density
5- Perecentage of Landscape
6- Mean Patch Size
7- Landscape Shape Index

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. موقعیّت مقطع‌های هدایت‌شده در دو جهت شرقی - غربی و شمالی - جنوبی بر روی نقشهٔ کاربری اراضی سال ۱۳۷۸



شکل ۴. تغییرات در الگوی سیمای سرزمین در طول مقطع شمالی - جنوبی در سطح کلاس (سال ۱۳۷۸)

در این مقطع، به دلیل اینکه رودخانه کمتر از ۱٪ کلّ مقطع را اشغال کرده است، تحلیلی در مورد تغییرات این کاربری صورت نگرفت. طبق شکل ۴، تراکم لکّه در کلاس مسکونی از بلوک ۱ تا ۵ روند افزایشی و از ۵ به ۶ روند کاهشی دارد. در مقطع شمالی - جنوبی بیشترین تراکم لکّه در کلاس انسان‌ساخت در بلوک مرکز شهر (بلوک ۵) مشاهده شد. روند تغییر تراکم لکّه در اراضی کشاورزی نیز از بلوک ۱ تا ۴ افزایش و از بلوک ۴ به بعد کاهش ناگهانی دارد. لکّه‌های کشاورزی هرچه به سمت شهر نزدیک می‌شود افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که در بلوک ۴ و ۵ نسبت به سایر بلوک‌ها بیشترین تراکم لکّه مشاهده شد. همچنین روند تغییرات اراضی مرتعی سریع و نامنظّم است به گونه‌ای که از سمت شمال با روند کاهشی شروع و هرچه به سمت جنوب می‌رویم روند تغییرات افزایش می‌یابد. بیشترین تراکم لکّهٔ این کاربری، در بلوک سوّم است. تراکم لکّه در جنگل‌ها نیز در طول مقطع تغییر کرده است. بیشترین تعداد آن در بلوک ۴ است و هرچه به سمت حاشیهٔ جنوبی می‌رویم تراکم لکّهٔ این کاربری صفر می‌شود. حداکثر و حداقل تراکم لکّهٔ کاربری اراضی بایر به ترتیب در بلوک ۴ و ۱ مشاهده شد.

روند تغییر درصد اراضی در کلاس مسکونی از شمال به جنوب افزایش می‌یابد و در بلوک مرکز شهر بیشترین درصد را دارد. اراضی کشاورزی نیز تا بلوک ۳ روند افزایشی و از آن به بعد، روند کاهشی دارد. بیشترین درصد اراضی در بلوک ۳ مشاهده شد. همچنین روند تغییر درصد اراضی مرتع در بلوک ۲ بیشترین درصد و پس از آن تا

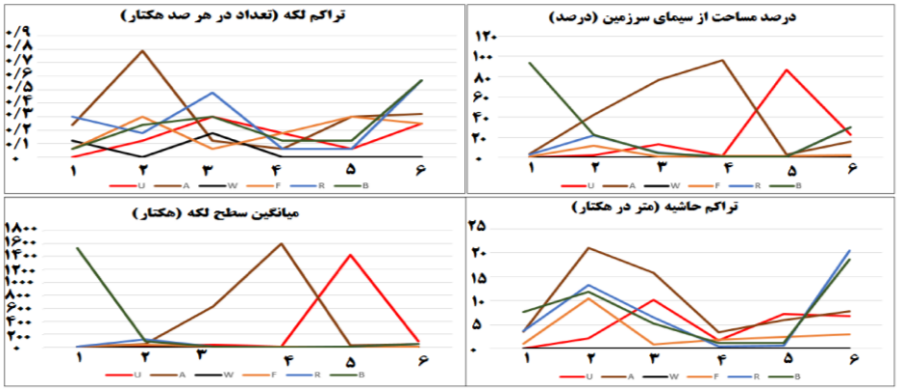
1- Area Weighted Mean Patch Shape Index

www.SID.ir

بلوک ۵ روند کاهشی و سپس در بلوک ۶ افزایش درصد دیده شد. جنگل‌ها نیز، تنها در حاشیهٔ شمالی و درصد بسیار کمی در حاشیهٔ جنوبی وجود دارد. حداکثر و حداقل درصد کاربری اراضی بایر به ترتیب در بلوک ۱ و ۵ مشاهده شد. متریک میانگین اندازهٔ لکّهٔ اراضی کشاورزی در بلوک ۳ بیشترین مقدار بود. سپس در بلوک‌های بعدی کاهش یافته و به صفر می‌رسد. مناطق مسکونی نیز در بلوک ۵ بالاترین مقدار و به طرف بلوک ۶ روند کاهشی دارد. همچنین مقدار متریک میانگین اندازهٔ لکّهٔ اراضی بایر در بلوک ۱ حداکثر بود. تراکم حاشیه در اراضی کشاورزی در بلوک ۴ و مناطق مسکونی در بلوک ۵ حداکثر بود. همچنین اراضی بایر و مراتع در بلوک ۶ بیشترین تراکم حاشیه را دارند. اراضی جنگلی نیز در بلوک ۳ حداکثر تراکم حاشیه و از این بلوک به بعد به تدریج کاهش و به صفر می‌رسد. همچنین در مقطع شمال - جنوب (سطح کلاس) در سال ۱۳۹۲ نیز رودخانه در همهٔ متریک‌های مورد بررسی به‌جز تراکم لکّه کمتر از ۱٪ کلّ مقطع را اشغال کرده است، لذا فقط در سنجهٔ تراکم لکّه تغییرات این کاربری تحلیل شد (شکل ۵).

همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد، نمایهٔ تراکم لکّه در کلاس انسان‌ساخت، در بلوک ۳ بیشترین و به طرف حاشیه‌ها کم می‌شود. اراضی کشاورزی به ترتیب در بلوک ۲ و ۴ بیشترین و کمترین تراکم لکّه را دارد. اراضی مرتعی، بایر و جنگل‌ها نیز الگوی نامنظّمی دارند. همچنین در بلوک ۳ بیشترین تراکم لکّهٔ رودخانه مشاهده شد. روند تغییر درصد اراضی در مناطق مسکونی تا بلوک ۴ الگوی نامنظّم دارد. سپس در بلوک ۵ بیشترین مقدار و به سمت بلوک ۶ کاهش می‌یابد. در این متریک، اراضی کشاورزی الگوی قرینه‌ای دارد. به این معنا که در بلوک ۴ بیشترین مقدار و به طرف حاشیه‌ها درصد تغییر اراضی کاهش می‌یابد.

جنگل‌ها و مراتع نیز در بلوک ۲ بیشترین تغییر و پس از آن کاهش ناگهانی دارند. همچنین روند تغییر درصد اراضی بایر نیز در بلوک ۱ بیشترین مقدار را دارد. متریک میانگین اندازهٔ لکّه در کلاس مسکونی و کشاورزی حالت قرینه‌ای دارد و هر دو در بلوک ۴ بیشترین مقدار را دارند. بقیهٔ کاربری‌ها نیز روند ثابتی در طول مقطع دارند. تراکم حاشیه در مناطق مسکونی در بلوک ۳ و اراضی کشاورزی در بلوک ۲ بالاترین مقدار را دارد. همچنین اراضی بایر، جنگلی و مراتع در بلوک ۲ بیشترین تراکم حاشیه را دارند و به تدریج به صفر می‌رسند. مقطع شرق - غرب در سطح کلاس (سال ۱۳۷۸) در شکل ۶ نشان داده شده است. در این قسمت، به علّت اینکه کاربری رودخانه کمتر از ۱٪ کلّ مقطع را اشغال کرده، در محاسبات وارد نشده است. بر اساس شکل، در کاربری‌های کشاورزی، اراضی بایر و جنگل در بلوک ۳ بیشترین تراکم لکّه مشاهده می‌شود و به طرف حاشیه تراکم لکّه در هر سه کاربری کاهش می‌یابد. کاربری مسکونی در طول مقطع شرق - غرب روند ثابتی را دنبال می‌کند. همچنین تراکم لکّه در اراضی مرتعی در بلوک ۲ بالاترین مقدار را داشت.



شکل ۵. تغییرات در الگوی سیمای سرزمین در طول مقطع شمالی - جنوبی در سطح کلاس (سال ۱۳۹۲)

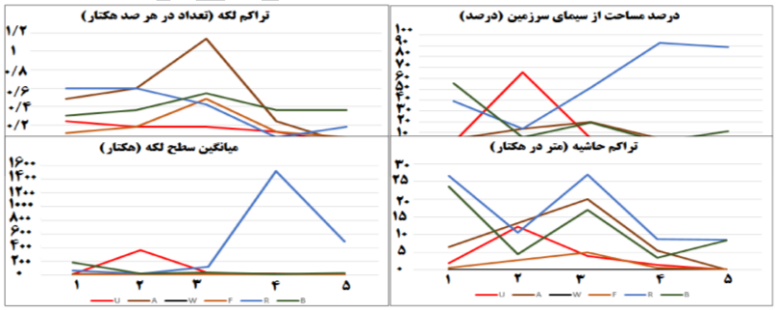
Archive of SID

www.SID.ir

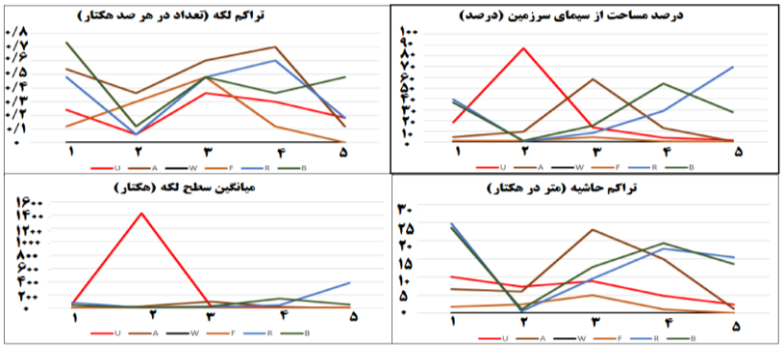
درصد پوشش اراضی کلاس انسان‌ساخت در بلوک ۲ بیشترین مقدار است و پس از آن به سمت شرق و غرب، به تدریج از مقدار آن کاسته می‌شود، امّا مقدار و سرعت این کاهش به سمت شرق بیشتر از غرب است. به گونه‌ای که مقدار آن در بلوک‌های ۴ و ۵ به صفر می‌رسد. درصد اراضی کشاورزی، در طرفین مقطع کمترین درصد است. بلوک ۳ بیشترین درصد (۲۰٪) اراضی کشاورزی را دارد. همچنین از مرکز به سمت شرق و غرب از مقدار درصد اراضی کشاورزی کاسته می‌شود. درصد پوشش لکّه‌های مراتع نیز در بلوک ۴ به حداکثر خود می‌رسد. همچنین اراضی بایر و جنگلی به ترتیب در بلوک‌های ۱ و ۳ بیشترین مقدار را دارند.

کاربری رودخانه به علّت درصد بسیار کم در این مقطع حذف شد. متریک میانگین اندازهٔ لکّه در کاربری مسکونی در بلوک ۲ بیشترین مقدار را دارد و به سمت شرق به صفر می‌رسد. میانگین اندازهٔ لکّه در اراضی مرتعی در بلوک ۴ به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در غرب تقریباً به صفر می‌رسد. روند این متریک در بقیهٔ کاربری‌ها بدون تغییر و با شیب ملایم مشاهده می‌شود. تراکم حاشیه در کاربری مسکونی و اراضی کشاورزی به سمت شرق به تدریج کاهش و سپس به صفر می‌رسد. اراضی مرتعی و بایر نیز در سمت غرب بیشترین تراکم حاشیه را دارند (شکل ۶).

شکل ۷ بررسی مقطع شرق غرب در سطح کلاس سال ۱۳۹۲ را نشان می‌دهد. در این قسمت به علّت اینکه کاربری رودخانه کمتر از یک درصد کلّ ترانسکت را اشغال کرده، تحلیلی در مورد این کاربری انجام نشد. طبق شکل، تراکم لکّه در کاربری مسکونی در مرکز بیشتر و به سمت شرق - غرب کاهش می‌یابد. همچنین در اراضی کشاورزی در بلوک ۴ بیشترین و در بلوک ۵ کمترین تراکم لکّه مشاهده شد. تراکم لکّه در اراضی بایر نیز از سمت غرب به مرکز کاهش و سپس به تدریج به سمت شرق افزایش می‌یابد. درصد پوشش اراضی در کاربری مسکونی در بلوک ۲ بیشترین مقدار و به سمت شرق به تدریج کاهش و سپس به صفر می‌رسد. شیب تغییرات اراضی کشاورزی در این متریک نیز مانند کاربری مسکونی است، به گونه‌ای که در بلوک ۳ به بالاترین مقدار خود و سپس به تدریج کاهش و در نهایت در بلوک ۵ به صفر می‌رسد.



شکل ۶. تغییرات در الگوی سیمای سرزمین در طول مقطع شرقی - غربی در سطح کلاس (سال ۱۳۷۸)



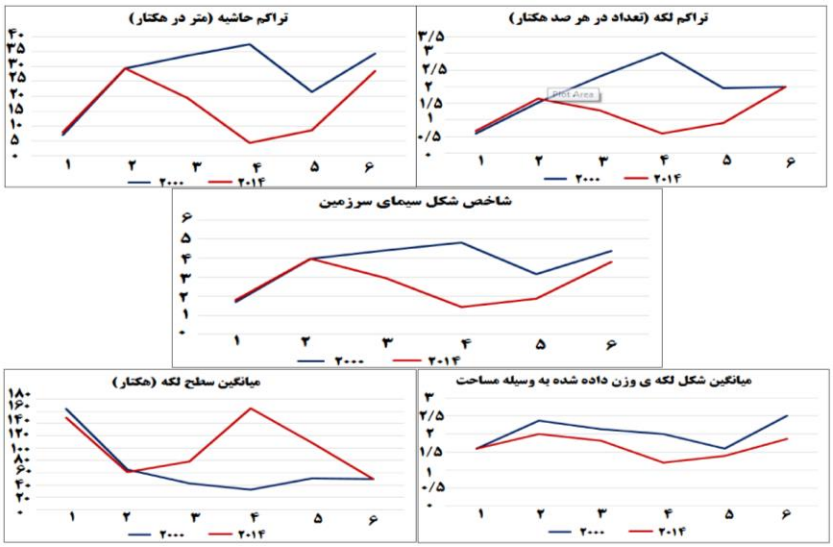
شکل ۷. تغییرات در الگوی سیمای سرزمین در طول مقطع شرقی - غربی در سطح کلاس (سال ۱۳۹۲)

Archive of SID
www.SID.ir

درصد پوشش اراضی در اراضی بایر و مرتعی نیز روند کاملاً عکس دارند. به طوری که اراضی مرتعی به سمت شرق افزایش و اراضی بایر کاهش می‌یابد.متریک میانگین اندازهٔ لکّه در کاربری مسکونی در بلوک ۲ (مرکز شهر) بیشترین مقدار و در حاشیه‌ها به صفر می‌رسد. همچنین میانگین اندازهٔ لکّهٔ اراضی مرتعی نیز از سمت غرب به شرق افزایش می‌یابد. سایر کاربری‌ها در این متریک به سمت شرق به پایین‌ترین مقدار خود می‌رسند. تراکم حاشیهٔ کاربری مسکونی در بلوک ۱ بیشترین مقدار و سپس به تدریج کاهش و در بلوک ۵ به صفر می‌رسد. اراضی کشاورزی در بلوک ۳ بالاترین تراکم و پس از این بلوک به تدریج کاهش می‌یابد. همچنین حداکثر و حداقل تراکم حاشیه در اراضی بایر و مرتع به ترتیب در بلوک ۴ و بلوک ۲ مشاهده شد. همچنین نتایج بررسی مقطع شمال - جنوب در سطح سیمای سرزمین به وسیلهٔ پنج متریک تراکم حاشیه، تراکم لکّه، نمایهٔ شکل سیمای سرزمین و میانگین شکل وزن داده شده به وسیلهٔ مساحت و میانگین شکل لکّه انجام شد (شکل ۸).

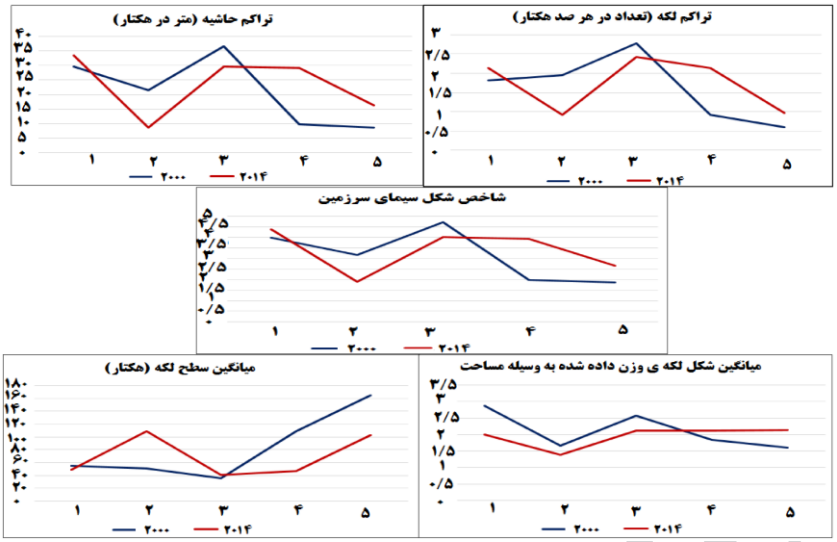
تراکم لکّه و تراکم حاشیه در سال ۱۳۷۸ در بلوک ۴ بیشترین مقدار را دارد؛ امّا مقدار این متریک‌ها در سال ۱۳۹۲ متفاوت است. به گونه‌ای که تراکم لکّه در بلوک ۶ و تراکم حاشیه در بلوک ۲ حداکثر مقدار را نسبت به سایر بلوک‌ها دارند. همچنین حداکثر مقدار نمایهٔ شکل سیمای سرزمین در سال ۱۳۷۸ در بلوک ۴ مشاهده شد.

حداکثر مقدار این متریک در سال ۱۳۹۲ برخلاف سال ۱۳۷۸ در بلوک ۲ و حداقل مقدار آن در بلوک ۴ دیده شد. میانگین شکل لکّهٔ وزن داده شده به وسیلهٔ مساحت در این مقطع در هر دو سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ روند منظّمی ندارد. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، میانگین اندازهٔ لکّه در سال ۱۳۷۸ برعکس تراکم لکّه و تراکم حاشیه در بلوک ۴ کمترین مقدار است. همچنین میانگین اندازهٔ لکّه در سال ۱۳۹۲ در روند کاملاً برعکس با تراکم لکّه قرار دارد. به گونه‌ای که حداقل مقدار این متریک در بلوک ۶ دیده می‌شود. تراکم لکّه در مقطع شرقی - غربی (سطح سیمای سرزمین) در هر دو سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ در بلوک ۳ بالاترین مقدار را داشت. همچنین تراکم حاشیه در سال ۱۳۷۸ در بلوک ۳ و در سال ۲۰۱۴ در بلوک ۱ بیشترین مقدار را دارند. حداکثر مقدار نمایهٔ شکل سیمای سرزمین نیز در سال ۱۳۷۸ در بلوک ۳ و در سال ۱۳۹۲ در بلوک ۱ مشاهده شد. میانگین شکل لکّهٔ وزن داده شده به وسیلهٔ مساحت در این مقطع در هر دو سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ همانند مقطع شمالی - جنوبی است و روند منظّمی ندارد. حداکثر و حداقل میانگین اندازهٔ لکّه در سال ۱۳۷۸ به ترتیب در بلوک ۵ و بلوک ۳ است. همچنین حداکثر مقدار این متریک در سال ۱۳۹۲ در بلوک ۲ مشاهده شد (شکل ۹).



شکل ۸. روند تغییرات متریک‌ها در طول مقطع شمالی - جنوبی در سطح سیمای سرزمین در دو سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۹. روند تغییرات متریک‌ها در طول مقطع شرقی - غربی در سطح سیمای سرزمین در دو سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲

بحث

در این مطالعه، ۶ متریک در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین برای کمّی‌سازی تغییرات گرادیان الگوی کاربری اراضی شهرستان بهبهان در طی دو سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ در دو مقطع شمالی - جنوبی و شرقی - غربی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مناسب‌ترین وسیله برای شناخت تغییرات سیمای سرزمین در مقیاس وسیع در طول گرادیان، مقطع است (لاسک و ویو، ۲۰۰۲). تغییرات الگوی سیمای سرزمین در طول مقطع‌ها بر کارکردهای اکولوژیک تأثیرات بسیاری دارد. از بین بردن لکّه‌های کشاورزی که تکّه‌تکّه‌شدن و افزایش تراکم لکّه‌های انسان‌ساخت را به دنبال دارد و تأثیر این تغییرات بر چرخهٔ زیست‌زمین شیمیایی، نمونه‌ای از تغییرات اکولوژیکی در اثر تغییرات سیمای سرزمین است (بیکر[1] و همکاران، ۲۰۰۱). مقایسهٔ مقطع شمالی - جنوبی، در سطح کلاس طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۸ نشان داد که بیشترین تغییرات متریک تراکم لکّه در سال ۱۳۷۸ در نواحی جنوبی نزدیک به مرکز دیده می‌شود.

در صورتی که در سال ۱۳۹۲ بیشترین تغییرات این متریک در مرکز و اطراف آن مشاهده می‌شود. همچنین بیشترین تراکم لکّه و حاشیه در سال ۱۳۷۸ در اراضی مرتعی و در سال ۱۳۹۲ در اراضی کشاورزی بود. میانگین اندازهٔ لکّه در سال ۱۳۷۸ در شمال بالاترین مقدار خود را دارد و هرچه به طرف مرکز شهر می‌رویم کمتر و در نهایت در جنوب به صفر می‌رسد. در سال ۱۳۹۲ نیز بالاترین مقدار این متریک در مرکز شهر مشاهده می‌شود. درصد پوشش اراضی در سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ به ترتیب برای کاربری‌های اراضی بایر و کشاورزی بود.

افزایش رشد جمعیّت در سال ۱۳۹۲ و به تبع آن افزایش تقاضا برای موادّ غذایی دلیل اصلی بالاترین درصد پوشش اراضی برای کاربری کشاورزی بوده است. از طرفی، افزایش آب سدّ مارون در این سال باعث شده که تکّه‌های مرتع و بدون پوشش منطقه به زمین‌های کشاورزی تبدیل شود. همچنین مقایسهٔ مقطع شرقی - غربی، در این سطح طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۸ حاکی از این است که در هر دو سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ هرچه به سمت شرق حرکت می‌کنیم از میزان متریک تراکم لکّه و تراکم حاشیه و تغییرات آنها کاسته می‌شود. همچنین بیشترین افزایش در این دو متریک در نواحی نزدیک به مرکز صورت گرفته است. این امر، می‌تواند ناشی از تمرکز توسعه در

1- Baker

Archive of SID
www.SID.ir

نواحی حاشیهٔ شهر باشد که افزایش ارزش زمین و تغییر کاربری آن را سبب شده است. میانگین اندازهٔ لکّه در سال ۱۳۷۸ در مرکز بیشترین مقدار است و به سمت شرق به تدریج کاهش می‌یابد.

در سال ۱۳۹۲ نیز برخلاف سال ۱۳۷۸ در نواحی مرکزی در کمترین مقدار خود بوده و در نواحی غربی بیشترین مقدار و هرچه به سمت شرق حرکت می‌کنیم کاهش می‌یابد. درصد پوشش اراضی در این مستطیل در سال ۱۳۷۸ در غرب حداکثر و هرچه به سمت مرکز و شرق می‌رویم حداقل می‌شود. در سال ۱۳۹۲ نیز میزان این متریک در مرکز حداکثر و به سمت شرق کاهش می‌یابد. افزون بر این، مقایسهٔ مقطع شمالی - جنوبی، در سطح سیمای سرزمین طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۷۸ نشان داد که متریک تراکم لکّه در این مقطع در سال ۱۳۷۸ در مرکز بیشترین و به سمت جنوب کاهش می‌یابد. همچنین تراکم لکّه در سال ۱۳۹۲ در مرکز کمترین و به سمت جنوب روند افزایشی دارد. تراکم حاشیه نیز در سال ۱۳۷۸ در مرکز بیشترین و به سمت جنوب افزایش می‌یابد. در سال ۱۳۹۲ میزان این متریک برعکس سال ۱۳۷۸ در مرکز کمترین و به سمت حاشیه‌ها افزایش می‌یابد.

نمایهٔ شکل سیمای سرزمین در سال ۱۳۷۸ با شیب یکنواخت به سمت مرکز شهر افزایش می‌یابد. سپس به طور ناگهانی کاهش و در جنوب مجدّداً افزایش می‌یابد. همچنین مقدار این متریک در سال ۱۳۹۲ از شمال به سمت مرکز به حداقل خود می‌رسد و پس از آن به تدریج افزایش و در جنوب به حداکثر میزان خود می‌رسد. میانگین شکل لکّهٔ وزن داده شده به وسیلهٔ مساحت در این مستطیل در هر دو سال در جنوب حداکثر مقدار خود را دارد. همچنین مقدار میانگین اندازهٔ لکّه در سال ۱۳۷۸ در مرکز کمترین و در سال ۱۳۹۲ برخلاف سال ۱۳۷۸ در مرکز بیشترین مقدار را دارد. مقایسهٔ مقطع شرقی - غربی، در سطح سیمای سرزمین طی سال‌های مورد بررسی نشان داد که در این مقطع متریک تراکم لکّه، تراکم حاشیه و نمایهٔ شکل سرزمین، در سال ۱۳۷۸ در سطح سیمای سرزمین در مرکز شهر حداکثر است. همچنین در سال ۱۳۹۲، متریک تراکم لکّه مانند سال ۱۳۷۸ در مرکز بیشتر است. علّت افزایش تراکم لکّه، توسعهٔ مناطق و از بین رفتن اراضی مرتعی و بایر است؛ امّا تراکم حاشیه و نمایهٔ شکل سرزمین در غرب بیشتر و هرچه به سمت مرکز می‌رویم کمتر و در نهایت در شرق منطقه به کمترین حدّ خود می‌رسند. میانگین شکل لکّهٔ وزن داده شده به وسیلهٔ مساحت در این مستطیل در هر دو سال از غرب به سمت مرکز افزایش و پس از آن به سمت شرق کاهش می‌یابد. همچنین میزان میانگین اندازهٔ لکّه در هر دو سال در مرکز کمترین مقدار را دارد. با نگاهی به نتایج به دست آمده از آنالیز در هر دو مقطع، در سطح کلاس می‌توان گفت که تراکم لکّه و حاشیه به سمت مرکز شهر افزایش یافته است. سفیانیان و همکاران (۱۳۹۲) و ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) نیز در مطالعات خود به نتایج مشابه با نتایج این پژوهش رسیدند.

در واقع با افزایش درجهٔ توسعهٔ شهری و ساخت‌وسازهای انسانی، نه‌تنها تراکم، بلکه بی‌نظمی شکل لکّه‌ها نیز افزایش می‌یابد. بررسی متریک درصد پوشش اراضی در سطح کلاس در دو مقطع شمالی - جنوبی و شرقی - غربی نشان می‌دهد جایی که درصد اراضی شهری بیشتر است و مرکز شهر به شمار می‌رود، لکّه‌های سبز (کشاورزی، مرتع و جنگل) نیز بیشترین درصد را دارد و تعداد این لکّه‌ها نسبت به سایر نقاط مقطع بیشتر است که با نتایج صادقی بنیس و همکاران (۱۳۹۲) و سفیانیان و همکاران (۱۳۹۲) همسو است؛ امّا میانگین اندازه این لکّه‌ها در طول دو مقطع متفاوت است به گونه‌ای که در مقطع شمالی - جنوبی در سال ۱۳۷۸ میانگین اندازهٔ لکّه در مرکز کاهش و در سال ۱۳۹۲ در مرکز افزایش می‌یابد. در مقطع شرقی - غربی نیز این روند کاملاً برعکس مقطع شمالی - جنوبی است. با توجّه به روند تغییرات متریک‌ها می‌توان گفت که در کل الگوی مقطع شمالی - جنوبی نسبت به شرقی - غربی متقارن است که سفیانیان و همکاران (۱۳۹۲) نیز به نتیجهٔ مشابهی دست یافتند. افزون بر این،

Archive of SID

www.SID.ir

تراکم لکّه و حاشیه در سطح کلاس در نواحی نزدیک به مرکز شهر مقادیر بیشتری دارد که سفیانیان و همکاران (۱۳۹۲) نیز در مطالعهٔ خود به چنین نتیجه‌ای رسیدند. این امر می‌تواند ناشی از تمرکز توسعه در نواحی حاشیهٔ شهر باشد که افزایش ارزش زمین و تغییر کاربری آن را سبب شده است. همچنین می‌توان گفت که مقادیر تراکم لکّه و تراکم حاشیه با توسعهٔ شهری افزایش یافته است.

متریک شاخص شکل سیمای سرزمین در سال ۱۳۹۲ در غرب شهر بیشترین میزان را داشته و با نزدیک‌شدن به شرق شهر، به کمترین میزان می‌رسد که صادقی بنیس و همکاران (۱۳۹۲) نیز به این نکته اشاره کرده‌اند. افزایش مقدار این متریک در نواحی غرب بیانگر شکل پیچیدهٔ فضاهای سبز شهری در این نواحی است؛ امّا میزان این متریک در سال ۱۳۷۸ در مرکز بیشترین و همانند نتیجهٔ صادقی بنیس و همکاران (۱۳۹۲) در شرق حداقل مقدار را داشته است. به طور کلّی افزایش فعّالیّت‌های انسانی در شهرستان بهبهان منجر به افزایش تکّه‌های انسان‌ساخت (مصنوعی و نیمه‌طبیعی) شده است که باعث کاهش پیوستگی بین پوشش‌های طبیعی منطقه شده است؛ لذا ساختار شهرستان بهبهان گرایش به ساختار ریزدانه‌ای (تعداد زیاد لکّه در ابعاد کوچک) دارد و رشد تعداد لکّه‌های انسان‌ساخت در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۷۸ مؤیّد این امر است که با نتایج مطالعات صادقی بنیس و همکاران (۱۳۹۲)، میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) و دژکام و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد در طول مقطع‌ها، علاوه بر تغییرات کاربری‌ها، شکل و تراکم لکّه‌ها نیز تغییر کرده است و روند این تغییرات در دو مقطع از هم متفاوت است. استفادهٔ ترکیبی و تلفیقی از سیستم اطّلاعات جغرافیایی، سنجه‌های سیمای سرزمین و آنالیز گرادیان نشان‌دهندهٔ یک روش ابتکاری برای مطالعهٔ تغییر تدریجی مکانی در سیمای سرزمین شهری است. با توجّه به نتایج به دست آمده از سنجهٔ تراکم لکّه می‌توان گفت که در سال ۱۳۹۲ در مقایسه با سال ۱۳۷۸ توزیع و پراکندگی کاربری‌ها بیشتر بوده به‌ویژه مناطق کشاورزی و اراضی مسکونی پراکنش بیشتری در سطح سیمای سرزمین داشته‌اند. نتایج نشان‌دهندهٔ بهبود توسعهٔ شهر در این سال نسبت به سال ۱۳۷۸ است. سنجهٔ شکل سیمای سرزمین نشان می‌دهد، زمانی که کاربری تا حدّ ممکن در یک لکّه فشرده شده باشد حداکثر تجمّع رخ می‌دهد و هرچه کاربری مورد نظر پراکنش بیشتری داشته باشد مقدار این سنجه افزایش می‌یابد. نتایج به دست آمده از این سنجه نشان می‌دهد که پراکنش کاربری‌های کشاورزی و مسکونی در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۷۸ افزایش می‌یابد. نتایج به دست آمده از شاخص‌های سیمای سرزمین مبتنی بر مقایسهٔ وضعیّت توزیع و پراکندگی کاربری‌ها نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۲ توزیع و پراکندگی کاربری اراضی به‌ویژه اراضی کشاورزی و مسکونی دارای پراکنش بیشتری در سطوح سیمای سرزمین شهرستان بهبهان است. این موضوع نشان‌دهندهٔ توسعهٔ شهر و اراضی کشاورزی و کاهش اراضی مرتعی در منطقه در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۷۸ است. تجزیه و تحلیل سیمای سرزمین در این مطالعه نشان‌دهندهٔ آثار فعّالیّت‌های انسانی بر تغییر سیمای سرزمین است و نتایج به دست آمده از آن اطّلاعاتی را در راستای سیاست‌های مرتبط با کاربری سرزمین فراهم می‌کند؛ لذا از نتایج به دست آمده می‌توان در ارزیابی سرزمین، برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه در منطقهٔ مورد مطالعه و مطالعات محیط‌زیست به منظور بهره‌برداری مناسب و منطقی از منابع طبیعی و کاهش تخریب منابع استفاده نمود.

منابع

جباریان امیری، بهمن (۱۳۹۲) **ارزیابی اثرات محیط‌زیستی**، چاپ اوّل، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

Archive of SID
www.SID.ir

دژکام، صادق؛ جباریان امیری، بهمن؛ درویش‌صفت، علی‌اصغر (۱۳۹۴) پایش تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از تحلیل سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای (مطالعهٔ موردی: شهرستان رشت)، **مجلّهٔ محیط‌زیست طبیعی**، ۶۸ (۲)، صص. ۲۲۵-۲۳۸.

سفیانیان، علیرضا؛ مختاری، زهرا؛ خواجه‌الدّین، سیّد جمال‌الدّین؛ ضیایی، حمیدرضا (۱۳۹۲) تحلیل گرادیان الگوی سیمای سرزمین شهری (مطالعهٔ موردی: شهر اصفهان)، **پژوهش‌های جغرافیای انسانی**، ۴۵ (۱)، صص. ۱۰۴-۸۷.

صادقی بنیس، مژگان؛ بنائی، وحید؛ دارایش، رضوان (۱۳۹۲) استفاده از تحلیل گرادیان متریک‌های منظر جهت بررسی تغییرات فضای سبز شهری (مطالعهٔ موردی: شهر تبریز)، **جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس**، ۵ (۱۶)، صص. ۲۱-۷.

طاهری، فریدون؛ فقهی، جهانگیر؛ دانه‌کار، افشین؛ بابازاده خامنه، صدیقه (۱۳۹۳) کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین در تحلیل گرادیان فضاهای سبز شهری (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۳ شهرداری کرج)، **علوم و مهندسی محیط‌زیست**، ۱ (۲)، صص. ۳۳-۲۳.

مختاری، زهرا؛ سفیانیان، علیرضا؛ خواجه‌الدّین، سیّد جمال‌الدّین؛ ضیایی، حمیدرضا (۱۳۹۱) کمّی‌کردن اثرات جادّه بر الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان با استفاده از آنالیز گرادیان و متریک‌های سیمای سرزمین، **تحقیقات جغرافیایی**، ۲۷ (۱)، صص. ۲۰۴-۱۸۵.

میرزایی، محسن؛ ریاحی بختیاری، علیرضا؛ ماهینی، عبدالرسول؛ غلامعلی فرد، مهدی (۱۳۹۲) بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۸۹، **اکولوژی کاربردی**، ۲ (۴)، صص. ۵۴-۳۷.

نوحه‌گر، احمد؛ جباریان امیری، بهمن؛ افراخته، روشنک (۱۳۹۴) تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین، **جغرافیا و آمایش شهری**، ۵ (۱۵)، صص. ۲۱۴-۱۹۷.

Baker, L. A., Hope, D., Xu, Y., Edmonds, J., Lauver, L. (2001) Nitrogen Balance for the Central Arizona-Phoenix (CAP) Ecosystem, **Ecosystems**, 4 (6), pp. 582-602.

Fan, Q., Ding, S. (2016) Landscape Pattern Changes at a County Scale: A Case Study in Fengqiu, Henan Province, China from 1990 to 2013, **CATENA**, 137, pp. 152-160.

Lambin, E. F., Geist, H. J. (2000) Are Agricultural Land-Use Models Able to Predict Changes in Land-Use Intensity? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 82 (1-3), pp. 321-331.

Lausch, A., Herzog, F. (2002) Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change: Issues of Scale, Resolution and Interpretability, **Ecological Indicators**, 2 (1-2), pp. 3-15.

Liu, H., Zhou, Q. (2005) Developing Urban Growth Predictions from Spatial Indi-Cators Based on Multi-Temporal Images, **Computers, Environment and Urban Systems**, 29 (5), pp. 580-594.

Lu, D., Weng, Q. (2007) A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance, **International Journal of Remote Sensing**, 28 (5), pp. 823-870.

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), pp. 327-339

McDonnell, M. J., Pickett, S. T. A. (1990) Ecosystem Structure and Function Alongurban-Rural Gradients: An UN Exploited Opportunity for Ecology, **Ecology**, 71 (4), pp.1232-1237.

Mcgarical, K., Marks, B. (2002) **Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure**, Reference Manual. For. Sci. Dep. OregonState University. Corvallis Oregon 62 p + Append

Palmer, G. C. (2008) Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Scienceof Landscape, **Austral Ecology**, 33, pp. 361-362.

Piorr, A., Ravetz, J., Tosics, I. (2011) **Peri-Urbanisation in Europe: Towards a Europeanpolicy to Sustain Urban-Rural Futures**, University of Copenhagen/Academic BooksLife Sciences.

Archive of SID

www.SID.ir

Simova, P., Gdulova, K. (2012) Landscape Indices Behavior: A Review of Scale Effects, **Applied Geography**, 34, pp. 385-394.

Sukkopp, H. (1998) Urban Ecology-Scientific and Practical Aspects, **Urban Ecology**, pp. 3-16, Berlin, Springer

Sun, B., Zhou, Q. (2016) Expressing the Spatio-Temporal Pattern of Farmland Change in Arid Lands Using Landscape Metrics, **Arid Environments**, 124, pp. 118-127.

Wu, J (2004) Effects of Changing Scale on Landscape Pattern Analysis: Scaling Relations, **Landscape Ecology**, 2, pp. 125-138.

Yu, X. J., Ng, C. N (2007) Spatial and Temporal Dynamics of Urban Sprawl Alongtwo Urban-Rural Transects: A Case Study of Guangzhou, China. **Landscape and Urban Planning**, 79 (1), pp. 96-109.

Zhang, L. Q., Wu, J. P., Zhen, Y., Shu, J. (2004) RETRACTED: A GIS-Based Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern of Shanghai Metropolitan Area, China, **Landscape and Urban Planning**, 69 (1), pp. 1-16.

Zhang, Q., Yifang, B., Jiyuan, L., Sha, Q., 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, pp. 301-306.

Zhu, W. X, Carreiro, M. M. (1999) Chemoautotrophic Nitrification in Acidic Forest Soils Along an Urban-to-Rural Transect, **Soil Biology and Biochemistry**, 31 (8), pp. 1091-1110.

Archive of SID

www.SID.ir