

آشکارسازی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهر جدید پردیس با سنجه‌های سیمای سرزمین

سید مهدی هدایت^۱، زهره داودپور^{۲*}، کیانوش ذاکر حقیقی^۳

۱. دانشجوی دکتری گروه شهرسازی، واحد امارات، دانشگاه آزاد اسلامی، دبی، امارات متحده عربی.

۲. دانشیار گروه شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۳. استاد گروه شهرسازی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، Email: zdavoudpour@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴ آذر ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۲۴ بهمن ۱۴۰۰

چکیده

مقدمه: وضعیت سیمای سرزمین، یکی از عوامل کلیدی انتخاب محل سکونت، فعالیت و رضایت‌مندی مردم است. با توجه به آثار منفی ناشی از استفاده نامناسب از سرزمین و تغییر کاربری اراضی، آگاهی و شناخت روند تغییرپذیری، در ارزیابی آثار زیست‌محیطی ناشی از توسعه به منظور طرح و مدیریت پایدار سرزمین ضروری است.

هدف: این مقاله کوشیده است تا تغییرات پوشش اراضی شهر جدید پردیس را با استفاده از روش سنجه‌های سیمای سرزمین طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۲۰ مورد بررسی و این تغییرات را برای سال ۲۰۴۰ آشکارسازی و شبیه‌سازی کند.

روش‌شناسی: این پژوهش از لحاظ هدف‌گذاری کاربردی و روش آن توصیفی - تحلیلی است. روش گردآوری داده‌ها به صورت میدانی و با بهره‌گیری از سایت‌های مرجع تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. در مطالعه حاضر از تصاویر ماهواره لندست سنجنده TM و OLI برای بررسی تغییرات و تحولات فضایی (کاربری اراضی) ایجاد شده از مدل زنجیره‌ای Markov و سلول‌های خودکار ca Markov و از نرم‌افزارهای Arc/Gis، Envi 5.3 و Fragstats 2.4 استفاده گردید.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: قلمرو این پژوهش شهر جدید پردیس براساس تقسیمات سیاسی سال ۱۳۹۵ است.

یافته‌ها و بحث: نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات در سال ۲۰۴۰ نشان می‌دهد که مناطق بایر شهر جدید پردیس نسبت به سال ۲۰۲۰ کاهش چشمگیر نزدیک به ۱۳۰ هکتار دارد. مناطق انسان ساخت در سال ۲۰۴۰ نیز افزایش تقریباً ۵ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۰ دارد و این میزان به ۱۱۱۳ هکتار می‌رسد که نسبت به سال ۲۰۲۰ افزایش تقریباً ۷۵ هکتاری را دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که تکه تکه شدگی سیمای سرزمین شهر جدید پردیس در سال ۲۰۲۰ به بیشترین مقدار خود رسیده است که نشان‌دهنده نامطلوب‌ترین سال در بین سال‌های مورد بررسی قرار دارد و بهترین حالت در سال ۲۰۴۰ است. میزان بررسی شاخص تراکم شانون نشان می‌دهد که این میزان از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۴۰ کاهش پیدا کرده است و این میزان در سال ۲۰۴۰ دارای تراکم بیشتری نسبت به سال‌های دیگر است.

کلیدواژه‌ها: مدل‌سازی تغییرات پوشش سرزمین، CA مارکوف، سنجه‌های سیمای سرزمین، شهر جدید پردیس.

مقدمه

کلان‌شهرها که به سرعت در حال رشد و توسعه هستند و به دنبال آن مسائل و چالش‌های متعدد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و افت زیست‌پذیری در ساختار فضایی آن‌ها بوجود آمده است (Ayini et al, 2019: 2). همچنین به دلیل تراکم بیش از حد جمعیت و فعالیت و ازسوی دیگر، به منظور ایجاد توازن در پراکندگی و پراکنش جمعیت کشور و با هدف تمرکززدایی از مادر شهرها و شهرهای بزرگ، سیاست و راهبردهای ایجاد شهرهای جدید انتخاب شد. (Rocha Campos et al., 2018: 774). امروزه با توجه با ایجاد شهرهای جدید در سرتاسر دنیا و رشد جمعیت شهری در آن‌ها در دهه‌های اخیر، توجهات ویژه‌ای به تغییرات کاربری زمین در معطوف شده است؛ زیرا اکوسیستم در شهرهای جدید شدیداً متأثر از فعالیت‌های رشد و توسعه شهری آن‌ها است (Stow & Chen, 2002: 298). تغییر کاربری زمین در شهرهای جدید، فرایند پویا و پیچیده‌ای است که سیستم‌های طبیعی و انسانی را به هم مرتبط می‌کند (Koomen et al., 2007: 2). سیمای سرزمین در سرتاسر دنیا به واسطه رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت شهرهای جدید، به سرعت در حال تغییرند (Plexida et al, 2014). این پدیده پیامدهای اقتصادی اجتماعی و زیست محیطی متعددی را برای شهرهای جدید در پی دارد (Herzog & Lausch., 2001)؛ بنابراین برای مهار و مبارزه بحران تغییرات کاربری نیاز به شناخت و درک صحیح از عوامل و فرایندهای ایجاد شده و روند آتی آن است (نظرنژاد و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۴). همزمان با این تغییرات نیز روش‌ها و الگوریتم‌های متنوع برای بررسی روند تغییرات کاربری‌های اراضی به‌وجود آمده است. یکی از این روش‌ها که زمینه کمی‌سازی ساختار فضایی سیمای سرزمین را فراهم می‌کند، سنج‌های سیمای سرزمین می‌باشد (Leitao et al., 2009). الگوی سیمای سرزمین ترتیب و ترکیب لکه‌ها در سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. در تحلیل الگوی سیمای سرزمین، افزون بر شکل، اندازه و نوع لکه‌ها باید مجاورت لکه‌ها و توزیع الگوهای سیمای سرزمین نیز بررسی شود (شجاعی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۰۰). بنابراین آگاهی از نحوه توزیع مکانی انواع مکانی انواع سیمای سرزمین در موزاییک پیچیده لکه‌ها، به یکی از موضوعات اصلی در مطالعات الگوی سیمای سرزمین تبدیل شده است (Simova & Gdulova, 2012: 386).

تغییر الگوی سیمای سرزمین نتیجه کنش متقابل بین طبیعت، زیست‌شناسی و عناصر اجتماعی است و تأثیرات مستقیم و غیر مستقیمی برای فرایندهای زیستی و غیر زیستی دارد (Aspinall & Hill, 2008: 5). برای تجزیه و تحلیل الگوی سیمای سرزمین از سنج‌ها استفاده می‌شود (Gao & Li, 2011: 293). این سنج‌های سیمای سرزمین، شاخص‌های کمی هستند که به منظور اندازه‌گیری و توصیف یک سیمای سرزمین نقشه‌سازی شده در سطوح مختلف به کار می‌روند. سنج‌های سیمای سرزمین می‌تواند در سطوح سیمای سرزمین، پهرو و یا طبقه به کار رود تا ترکیب الگوی آرایش فضایی عناصر سیمای سرزمین و همچنین فرایندهای اکولوژیکی درگیر را توضیح دهد. سنج‌های سیمای سرزمین، ساختار فضایی سیمای سرزمین را به مثابه مجموعه‌ای واحد و دارای هویت معین در هر زمان تشریح می‌کنند و برای به دست آوردن طبقه‌بندی اولیه از وضعیت سیمای سرزمین مفید هستند (Uuemaa et al, 2009: 5). در حال حاضر تغییر کاربری زمین به صورت غیر اصولی از مهم‌ترین معضلات شهرهای جدید در کشور ایران است. چرا که تغییر بیشتر کاربری‌ها غالباً برنامه و بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های زیست‌محیطی صورت می‌گیرد. رشد بی‌رویه شهرهای جدید و افزایش آلودگی منابع، از بین رفتن سطح وسیعی از جنگل‌ها، فرسایش زمین‌های کشاورزی، وقوع سیل‌های مخرب، گسترش کویرها و اکوسیستم‌های بیابانی غالباً ناشی از تبدیل غیر اصولی پوشش اراضی و اعمال روش‌های نادرست بهره برداری از کاربری‌ها است (موسوی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۰).

شهر جدید پردیس به علت نزدیکی به کلان‌شهر تهران، تراکم جمعیت‌پذیری، نرخ بالای مهاجران فصلی و دائمی و سیر عظیم ساخت و ساز در سالیان اخیر با سرعت در حال تغییر است. نظر به پویایی تغییرات کاربری اراضی و درک چگونگی این تغییرات چه از نظر الگوی مکانی و چه از نظر کمیت، پایش این چنین تغییرات ضروری به نظر می‌رسد. این پایش ما را در درک درستی از روند توسعه شهری در گذشته و الگوهای رشد در آینده یاری می‌دهد، همچنین آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در شهر جدید پردیس و پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات آینده نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت تصویر تغییرات احتمالی در آینده بسیار حائز اهمیت است. تعیین تغییرات

گذشته، عدم تغییرات گذشته، عدم تکرار اشتباهات، اصلاح روش مدیریتی و تصمیم‌گیری را به دنبال خواهد داشت... در همسویی با چنین هدف و ضرورتی، در این مقاله کوشیده شده است تا تغییرات سیمای سرزمین شهر جدید پردیس را در یک دوره ۲۰ ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰) آشکار و برای سال ۲۰۴۰ شبیه‌سازی و پیش‌بینی کند. این هدف با طرح و تبیین یک پرسش اصلی ردیابی و مطالعه علمی شده است؛ ۱. تغییرات سیمای سرزمین شهر جدید پردیس در یک دوره ۲۰ ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰) و نتایج شبیه‌سازی و پیش‌بینی آن برای سال ۲۰۴۰ چگونه است؟

اکولوژی سیمای سرزمین به عنوان دانش بین رشته‌ای، به بیان اصول مشترک انسان و طبیعت می‌پردازد و به حل آن‌ها کمک می‌کند (Hugget & Cheesman, 2002:188). سیمای سرزمین^۱، چیدمانی است که در آن ترکیبی از اکوسیستم‌های محلی یا کاربری‌های زمین در یک منطقه و در فرم مشابهی تکرار شدند (Apan et al., 2002: 4). مفهوم عام آن در واقع به معنی سطح زمین است که لگه‌های مختلفی را در بر دارد و با عنوان موزائیکی از لگه‌ها یا موزائیک عناصر منظر نامیده می‌شود. شاخص‌های توسعه‌یافته برای یافتن الگوی نقشه‌های طبقه‌بندی و الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی خاص لگه‌ها، کلاس‌ها یا موزائیک‌های کل لنداسکیپ هستند (Fan & Myint, 2017). ریشه اصلی استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین به پژوهش انیل آ و همکاران (۱۹۹۸)، بر می‌گردد (فجر و ایلانلو، ۱۳۹۸: ۱۶۹). سنج‌های سیمای سرزمین، ابزار مناسبی برای طراحی و یافتن ارتباط دقیق بین ساختار و عملکرد کاربری‌های مختلف سیمای سرزمین هستند (Simova and Gdulova, 2012: 386).

سنج‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی خاص لگه‌ها، کلاس‌ها و موزائیک‌های کل سیمای سرزمین هستند و در سه سطح دسته‌بندی می‌شود، این سنج‌ها در سه سطح دسته‌بندی می‌شود، در سطح لگه^۲ که برای لگه‌های منفرد تعریف شده و ویژگی‌های مکانی، نوع محتوا و بافت لگه‌ها را مشخص می‌کند؛ در سطح کلاس که برای همه لگه‌هایی که از یک نوع هستند کاربرد داشته و منظور از کلاس همه لگه‌هایی است که یک نوع کاربری یا یک نوع پوشش را نشان می‌دهند؛ در سطح سیمای سرزمین که انواع کلاس‌ها و لگه‌های موجود در منظر را به صورت یکپارچه نشان می‌دهد (McGarigal, 2015: 22). سنج‌ها ابزارهای مناسبی برای طراحی و یافتن ارتباط دقیق بین ساختار و عملکرد هستند. این سنج‌ها می‌توانند اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای برای کشف این ارتباطات انجام دهند که در حرکت به سمت برنامه‌ریزی سرزمین کمک می‌کند (Leitao et al., 2006: 31).

ساختار سیمای سرزمین به معنای الگوی مکانی یا چگونگی قرارگیری اجزای سیمای سرزمین است که برای تفسیر ساختار سیمای سرزمین لازم است ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری بررسی گردد، ترکیب^۳ مشخصاتی از سیمای سرزمین مانند نسبت مساحت لگه‌ها، تنوع لگه‌ها، تراکم و غیره را می‌سنجد و از این طریق تعیین بستر و ناهمگنی را امکان‌پذیر می‌سازد. توزیع مشخصات فضایی انواع پوشش اراضی در یک سیمای سرزمین خاص را بازگو می‌کند و به توزیع فضایی و هندسی لگه‌ها مثل شکل و اندازه مربوط است (Forman & Godron, 1986: 110). بررسی کمی ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری سیمای سرزمین از طریق استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین امکان‌پذیر است، با شناسایی عناصر سیمای سرزمین، ارتباطات میان آن‌ها و تغییر این ارتباطات طی زمان می‌توان در خصوص مدیریت و تغییر روند تغییرات سیمای سرزمین بهتر تصمیم گرفت (نظرنژاد و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۵). مجموعه ارتباطات متقابل در درون هر یک از عناصر سیمای سرزمین و میان این عناصر با یکدیگر از طریق جریان ماده، انرژی و گونه، عملکرد سیمای سرزمین را مشخص می‌سازد (Crow, 2002: 351).

در سال‌های اخیر در جهان و ایران پژوهش‌های متعددی بر روی ارزیابی تغییرات الگوی پراکنش مکانی کاربری اراضی با به کارگیری از سنج‌های سیمای سرزمین انجام شده است که از این جمله می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد.

1. Landscape

2. Neill^۴O

3. Patch

4. Class

5. Composition

هانگ^۱ و همکاران (۲۰۱۰)، الگوی سیمای سرزمین سواحل جنوب شرقی چین را با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین مورد تحلیل قرار دادند و بیان کردند که در طی چندین سال اخیر فرایندهایی که منجر به تکه تکه شدن سیمای سرزمین می‌گردد افزایش پیدا کرده است.

تانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۷)، در نتایج خود نشان دادند که تغییر کاربری سیمای سرزمین و الگوهای سیمای سرزمین نتیجه رشد سریع شهرنشینی و افزایش جمعیت است. فان و ماینت^۳ (۲۰۱۸)، با استفاده از سنج‌های تراکم حاشیه، تعداد لکه‌ها، مساحت لکه‌ها، همبستگی لکه‌ها به بررسی تغییرات کاربری اراضی در شهر فونیکس در جنوب غرب آمریکا پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که تعداد لکه‌های کاربری شری در طی بازه زمانی مورد مطالعه افزایش قابل توجهی داشته است. تراور^۴ و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از تلفیق دو مدل شبکه خودکار و زنجیره مارکوف در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) به تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی روند تغییرات کاربری در پایتخت کشور گینه پرداختند. نتایج افزایش کاربری شهری از ۴۹ درصد به ۵۹ درصد و کاهش پوشش گیاهی از ۳۵ به ۳۲ درصد را نشان می‌داد. بر اساس نتیجه‌گیری این پژوهشگران، این مطالعه مبنایی را برای ارزیابی پایداری و مدیریت منطقه شهری فراهم می‌کند.

بی‌همتای طوسی و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی تغییرات مکانی زمانی پوشش کاربری اراضی شهرستان خمینی شهر با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین پرداختند، به منظور بررسی تغییرات پوشش اراضی از سنج‌های درصد کاربری اراضی، تعداد لکه، میانگین اندازه لکه، نمایه بزرگترین لکه و متوسط نزدیک‌ترین فاصله همسایگی در دو سطح کلاس و سرزمین استفاده شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان دهنده رشد و گسترش اراضی شهری به دنبال تغییر کاربری اراضی کشاورزی در طی دوره زمانی مورد مطالعه بوده است. نظرزاد و همکاران (۱۳۹۶)، به ارزیابی تغییرات پیوستگی و الگوی کاربری اراضی با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین در حوزه آبخیز زولاچای، سلماس پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که مقادیر صحت کلی طبقه‌بندی در دو دوره مورد مطالعه، به ترتیب ۹۲ و ۹۳ درصد، برآورد شد. بر اساس نتایج، افزایش سنج‌های تعداد لکه (NP) بیانگر تفکیک کاربری‌های طبیعی است. همچنین تراکم لکه (PD) در دوره مطالعاتی از ۴۱ به ۶۲ واحد افزایش پیدا کرده است که نشان‌دهنده افزایش ناهمگنی در کاربری اراضی شده است. میزان یکپارچگی عناصر ساختاری نیز از ۴۳/۱ به ۴۱/۸۹ درصد کاهش یافته است که ناپیوستگی را در منطقه مورد مطالعه افزایش داده است. امیری و همکاران (۱۳۹۹)، به ارزیابی تغییرات پوشش اراضی شهر ملایر با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که تغییرات فضای سبز روند رو به بهبودی را پشت سر گذاشته که این امر می‌تواند ناشی از تمرکز مدیریت شهر بر روی مقوله ارتقاء فضای سبز در شهر ملایر باشد، البته توصیه می‌شود که برای دست‌یافتن به توسعه پایدار این رویه در آینده نیز متداوم باشد. یوسفی مقدم و همکاران (۱۳۹۹)، به مدل‌سازی توان اکولوژیک توسعه شهر شیراز براساس سنج‌های سیمای سرزمین پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که توجه به نتایج به‌دست آمده از تحلیل سنج‌های سیمای سرزمین و مدل‌سازی سیمای سرزمین در بازه ده ساله، که رشد ساخت‌وساز در آن مشهود است، روند رشد در راستای تبدیل اراضی فضای سبز به ساخت‌وساز و نابودی شبکه سبز باقیمانده در این منطقه است.

روش شناسی

با توجه به اهداف تحقیق و مؤلفه‌های مورد بررسی نوع تحقیق کاربردی و روش بررسی آن توصیفی-تحلیلی است. در این راستا، در این پژوهش جهت آشکارسازی و پیش‌بینی کاربری اراضی در سال‌های آتی شهر پردیس از تصاویر سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ ماهواره لندست سنجنده TM و OLI استفاده شده است. در ادامه با استفاده از تصحیحات هندسی و اتمسفری در محیط نرم‌افزار

1. Hung

2. Tong

3. Fan & Myint

4. Traore

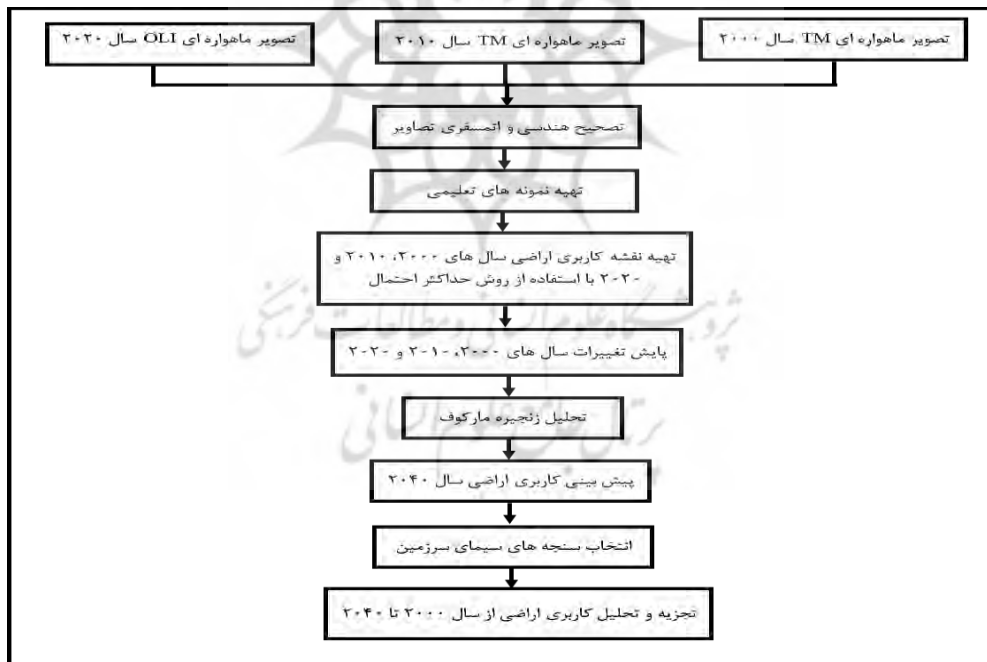
Envi 5.3 تصحیحات مورد نیاز بر روی تصاویر اعمال و سپس با استفاده از روش حداکثر احتمال (Maximum likelihood)، تصاویر مورد نیاز طبقه‌بندی گردیده است. در مرحله بعد با استفاده از Change Detection، تبدیل مختلف طبقات کاربری اراضی و تغییرات آن طی این سال‌ها مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از مدل زنجیره‌ای Markov، میزان مساحت انتقال از سال ۲۰۰۰ به سال ۲۰۲۰ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و با استفاده از مدل سلول‌های خودکار ca Markov، کاربری اراضی شهر جدید پردیس برای سال ۲۰۴۰ پیش‌بینی شد. در مرحله بعد، با استفاده از مرور منابع و تهیه مهمترین سنجه‌های سیمای سرزمین در محیط نرم‌افزار Fragstats 2.4، داده‌های به‌دست آمده بر اساس سنجه‌های سیمای سرزمین مورد سنجش قرار گرفت. تصاویر مورد استفاده در این تحقیق برای استخراج کاربری اراضی و پوشش زمین شامل تصاویر ماهواره‌ای لندست می‌باشند. به دلیل قدمت سری‌های زمانی، توان تفکیک طیفی و مکانی، مناسب برای مطالعات تغییرات پوشش زمین و همچنین رایگان بودن، این تصاویر در این تحقیق استفاده شده‌اند. تصاویر لندست مورد استفاده شامل تصاویر اخذ شده از سه دوره اصلی ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ جهت طبقه‌بندی و آشکارسازی استفاده شده است. جزئیات تصاویر مورد استفاده برای استخراج کاربری اراضی و پوشش زمین در جدول (۱) قابل ملاحظه می‌باشد.

جدول ۱. مشخصات تصاویر مورد استفاده در کاربری اراضی شهر پردیس

سال	ماهواره	سنجنده	ردیف/گذر	تاریخ
۲۰۰۰	لندست	TM	۱۶۴/۳۵	۲۰۰۰/۰۶/۰۸
۲۰۱۰	لندست	TM	۱۶۴/۳۵	۲۰۱۰/۰۶/۰۴
۲۰۲۰	لندست	OLI	۱۶۴/۳۵	۲۰۲۰/۰۶/۱۵

منبع: سازمان زمین‌شناسی آمریکا

روند انجام این مرحله از پژوهش در نمودار جریان (۱) نشان داده شده است.

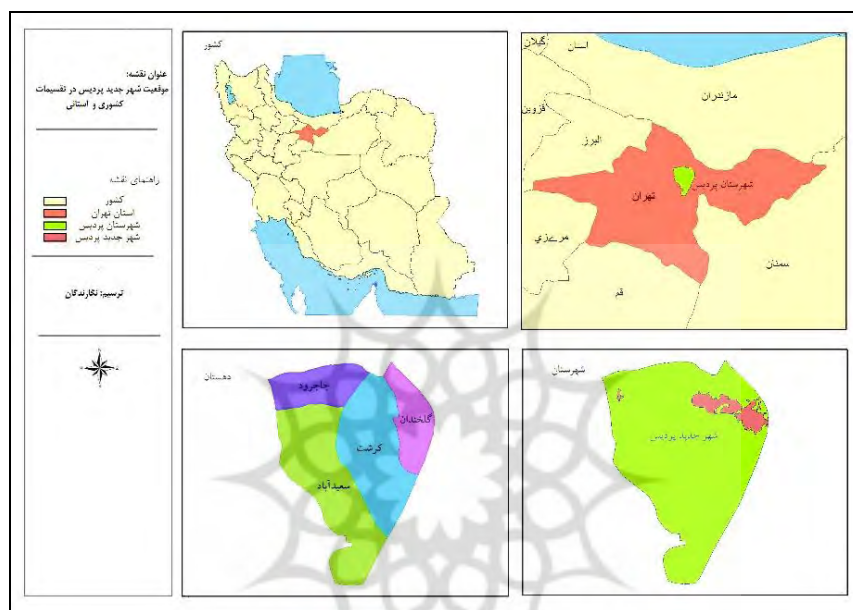


شکل ۱. نمودار مراحل آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر جدید پردیس با سنجه‌های سیمای سرزمین

قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهر جدید پردیس، یکی از ۱۷ شهر جدید دولتی در حال احداث است که در شرق کلاشهر تهران و در منطقه‌ای حد واسط جاجروود تا بومهن و در مسیر جاده دماوند قرار گرفته است. شهر پردیس براساس سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ جمعیتی بالغ بر

۷۳۳۶۳ هزار نفر دارد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). میزان نرخ رشد سالانه جمعیت در بازه زمانی ۸۵-۱۳۹۵ حدود ۹/۳ درصد است (شکل ۲). بر اساس «مطالعات بازنگری طرح جامع شهر جدید پردیس»، وسعتی بالغ بر ۳۶۸۳ هکتار دارد که از این مساحت، ۷۰۶ هکتار به خدمات شهری، ۵۲۵ هکتار به شبکه معابر و ۱۸۱۳ هکتار به کاربری‌های غیرشهری اختصاص یافته است. یکی از بارزترین عناصر کالبدی که جهت توسعه فیزیکی شهر را به شدت تحت تاثیر قرار داده است، عبور جاده با مقیاس فراشهری از میان محدوده شهری پردیس می‌باشد. عبور این محور به مثابه لبه‌ای جداکننده باعث شده تا نیمه شمالی و جنوبی شهر، پذیرای دو نوع عملکرد جداگانه باشند؛ به نوعی در نیمه شمالی که جهت توسعه‌ی اصلی شهر به آن سمت است. عمده کاربری‌ها به کاربری مسکونی و خدمات شهری، ناحیه‌ای و محلی اختصاص یافته و نیمه‌ی جنوبی، متناسب با نقش اقتصادی شهر، پذیرای کاربری‌هایی همچون کاربری تحقیقاتی، آموزشی، گردشگری، صنعتی و خدمات فراشهری است. در سال ۱۳۹۹ اراضی شهر به ۱۲ فاز تقسیم شده که ۸ فاز از آن‌ها، در نیمه‌ی شمالی (فازهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۹، ۱۰ و ۱۱) و سه فاز در نیمه‌ی جنوبی (فازهای ۶، ۷ و ۸) قرار دارند.



شکل ۲. موقعیت شهر جدید پردیس در تقسیمات کشوری و استانی

یافته‌ها و بحث

آشکارسازی و شبیه‌سازی تغییرات رشد و توسعه شهر جدید پردیس با سنجش‌های سیمای سرزمین تا سال ۲۰۴۰

گام اول در طبقه‌بندی نظارت شده، تعیین نوع و تعداد طبقه‌هاست. طبقه‌بندی نظارت شده بر پایه پیش‌شناخت دقیق طبقه‌بندی‌های مورد نظر استوار است. این پیش‌شناخت‌ها به منزله نمونه‌ی تعلیمی در طبقه‌بندی‌ها بکار می‌روند. در این پژوهش با توجه به بازدهی‌های انجام گرفته از منطقه و تفاوت بازتاب تصاویر ماهواره‌ای و نیز پژوهش‌های انجام گرفته، کاربری اراضی و پوشش زمین محور مورد مطالعه در ۳ گروه با عنوان مناطق بایر، مناطق انسان‌ساخت و فضای سبز تعریف شده است (جدول ۲).

جدول ۲. کلاس عارضه‌های استفاده‌شده در طبقه‌بندی

سال	ماهواره
مناطق بایر	اراضی بایر منطقه
مناطق انسان‌ساخت	شامل همه اراضی مسکونی، تجاری، درمانی، آموزشی، صنعتی
فضای سبز	شامل جنگل، پارک‌ها و درختان موجود و اراضی تحت کشت در محدوده مورد مطالعه

اعتبارسنجی تصاویر طبقه‌بندی کاربری اراضی

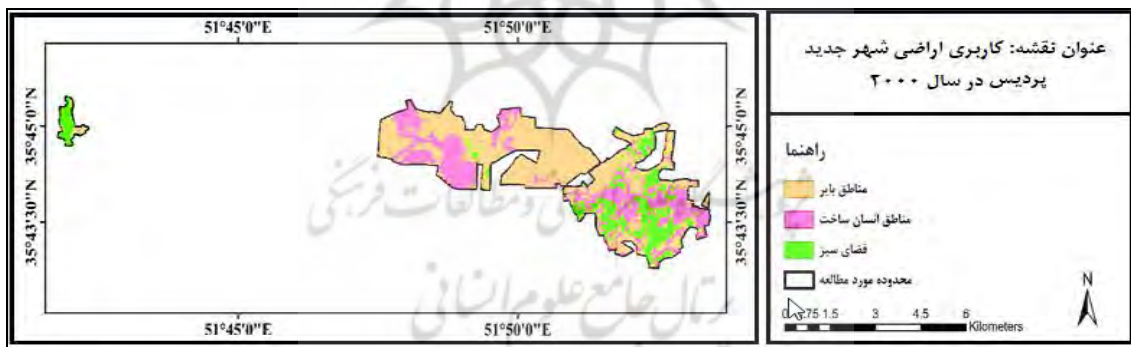
از اهداف این پژوهش آشکارسازی تغییرات پوشش کاربری اراضی در دوره مورد مطالعه است، لذا در پایان مرحله طبقه‌بندی (نظارت شده)، پس پردازش‌هایی به منظور آماده‌سازی این داده‌ها برای اهداف بعدی، به منظور افزایش کیفیت و دقت طبقه‌بندی و آماده‌سازی نتایج به منظور نزدیک شدن به شکل نهایی صورت می‌پذیرد. در این پژوهش از ضریب کاپا برای اعتبارسنجی کل نقشه استفاده شد. ضریب کاپا بر اساس ساختار تکنیک‌های چند متغیره گسسته که برای ارزیابی ماتریس خطاها استفاده می‌شود بنا شده، که اکثر محققان سنجش از دور روی آن اتفاق نظر و آن را به عنوان یک روش استاندارد قبول دارند. در این روش فرض بر گسسته بودن است. توزیع مقادیر بر عکس روش فوق که نرمال بود در این روش به صورت بینومیل یا غیرنرمال می‌باشد. نتایج حاصل از صحت‌سنجی تصاویر طبقه‌بندی شده نشان می‌دهد که تصاویر طبقه‌بندی شده دارای دقت بالایی می‌باشند به طوری که تمام تصاویر طبقه‌بندی شده دارای دقت کلی و ضریب کاپا بالا می‌باشند (جدول ۳).

جدول ۳. صحت‌سنجی طبقه‌بندی کاربری اراضی

پارامتر آماری	تصویر سال ۲۰۰۰	تصویر سال ۲۰۱۰	تصویر سال ۲۰۲۰
ضریب کاپا	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۹۱
دقت کلی	۸۷/۳	۹۰/۵	۹۲/۷

آشکارسازی تغییرات روش حداکثر احتمال

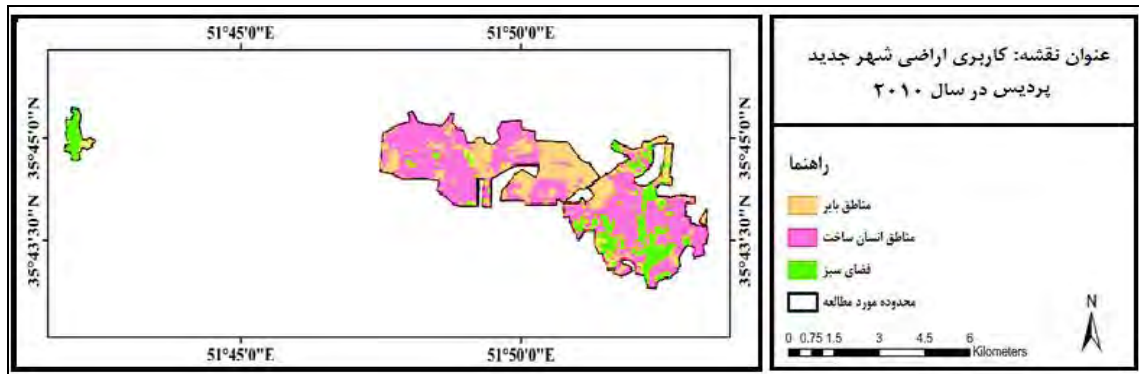
پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق افتاده در طی سه دوره زمانی مورد مطالعه انجام شد. این تغییرات شامل کاهش‌ها، افزایش‌ها و تغییرات خالص برای هر کلاس و انتقال یک کلاس به کلاس‌های دیگر است. برای درک تغییرات منطقه، گسترش و کاهش مساحت کلاس‌ها طی دوره ۲۰ ساله، نقشه‌های طبقه‌بندی شده به محیط نرم‌افزار ArcGIS وارد گردید. با مقایسه این نقشه‌ها و جداول تقاطعی به‌دست آمده، نقشه و درصد تغییرات هر سال مشخص و محاسبه شده است. نتایج تفسیر بصری تصاویر سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ شهر پردیس با روش حداکثر احتمال در گراف‌های زیر نشان داده شده است.



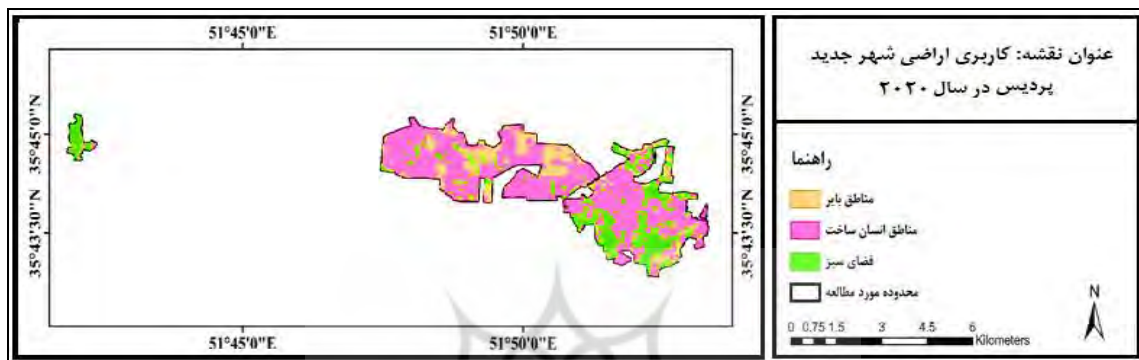
شکل ۳. نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی شهر پردیس در سال ۲۰۰۰

۱ Discrete multivariate techniques applied to error Matrix

۲ Binomial



شکل ۴. نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی شهر پردیس در سال ۲۰۱۰

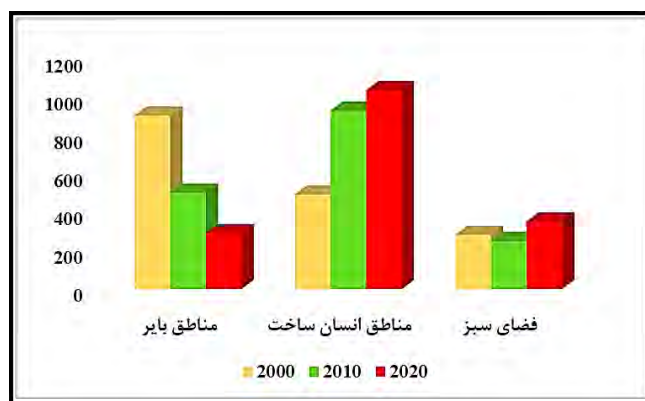


شکل ۵. نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی شهر پردیس در سال ۲۰۲۰

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات تصاویر کاربری اراضی شهر پردیس نشان می‌دهد که مناطق بایر در سال ۲۰۰۰، ۹۰۵/۵۸ هکتار است که این مقدار از سال ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ بسیار بیشتر است و پس از آن بیشترین میزان مساحت مناطق بایر در سال ۲۰۱۰ است. میزان مناطق آسایش ساخت در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ افزایش قابل توجهی داشته و میزان آن به بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار می‌رسد. میزان مناطق فضای سبز در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ و ۲۰۰۰ افزایش داشته است (جدول ۴). نتایج حاصل از نمایش گرافیکی نشان می‌دهد که طبقه مناطق بایر از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ کاهش چشمگیر داشته است. مناطق آسایش ساخت نیز از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ نیز افزایش داشته است و بیشترین افزایش مساحت برای سال ۲۰۲۰ است. میزان طبقه فضای سبز از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۰ کاهش و سپس در سال ۲۰۲۰ افزایش داشته است (شکل ۶).

جدول ۴. مساحت‌های کاربری‌های اراضی در محدوده زمانی در شهر پردیس

سال تصاویر	مناطق بایر		مناطق آسایش ساخت		فضای سبز	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
۲۰۰۰	۹۰۵/۵۸	۵۳/۸۶	۴۹۳/۲	۲۹/۳۳	۲۸۲/۴۲	۱۶/۷۹
۲۰۱۰	۵۰۳/۰۱	۲۹/۸۶	۹۳۱/۱۴	۵۵/۲۹	۲۴۹/۹۳	۱۴/۸۴
۲۰۲۰	۲۹۲/۰۵	۱۷/۳۶	۱۰۳۷/۵۲	۶۱/۶۸	۳۵۲/۵۳	۲۰/۹۵



شکل ۶. نمودار نتایج حاصل از طبقه‌بندی کاربری اراضی شهر پردیس از سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۰

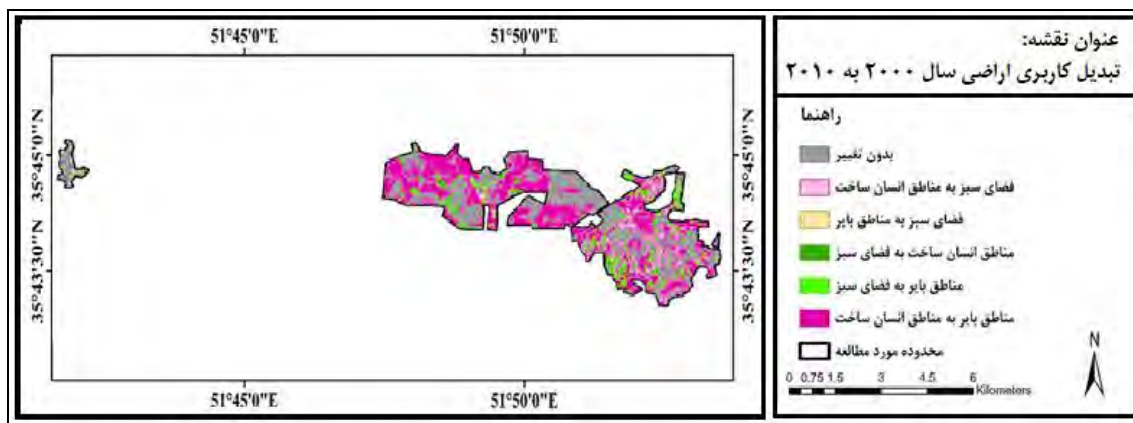
تغییرات تبدیل کاربری اراضی

تغییرات کاربری اراضی شهر پردیس بین سال‌های ۲۰۱۰ - ۲۰۰۰، ۲۰۲۰-۲۰۱۰ و ۲۰۲۰-۲۰۰۰ در جدول (۵) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ بیشترین تبدیل مربوط به تبدیل مناطق بایر به مناطق انسان‌ساخت است و پس از آن تبدیل فضای سبز به مناطق انسان‌ساخت است که نشان می‌دهد میزان مناطق انسان‌ساخت در سال ۲۰۱۰ افزایش چشمگیری داشته است. تغییرات کاربری اراضی از سال ۲۰۱۰-۲۰۲۰ نشان می‌دهد که بیشترین تبدیل طبقه مربوط به تبدیل مناطق بایر به مناطق انسان‌ساخت است که این میزان حدود ۲۵۱ هکتار است و کمترین تبدیل مربوط به طبقه فضای سبز به مناطق بایر است که حدود ۷ هکتار است. تغییرات تبدیل سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۰ نشان می‌دهد که بیشترین تبدیل مربوط به تبدیل طبقه مناطق بایر به مناطق انسان‌ساخت است که این میزان حدود ۵۴۰ هکتار است و پس از آن تبدیل فضای سبز به مناطق انسان‌ساخت است که حدود ۷۵ هکتار می‌باشد و کمترین تبدیل مربوط به تبدیل فضای سبز به مناطق بایر است.

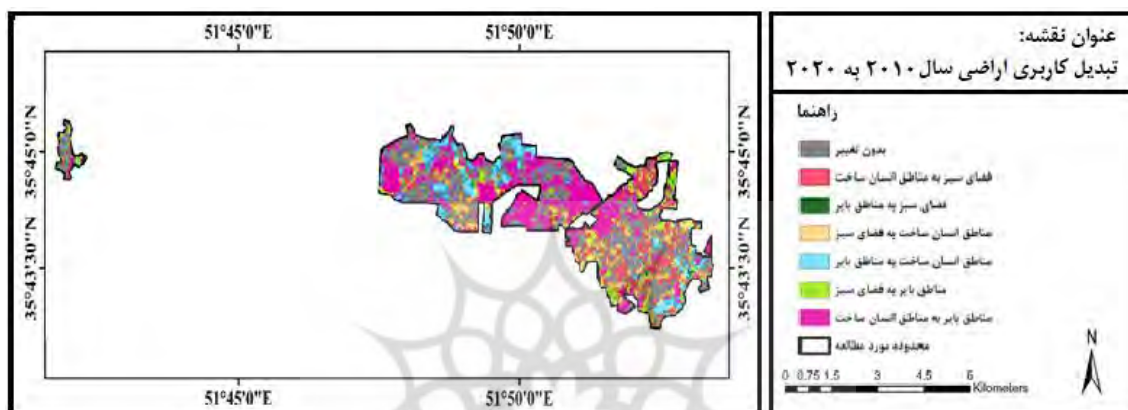
جدول ۵. نتایج حاصل از تبدیل طبقات مختلف کاربری اراضی شهر پردیس در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۰۰، و ۲۰۲۰

سال	کاربری اراضی	مناطق بایر	مناطق انسان ساخت	فضای سبز
۲۰۰۰-۲۰۱۰	مناطق بایر	-	۴۱۲/۹۲	۲۴/۷۵
	مناطق انسان ساخت	۲۹/۱۶	-	۲۲/۲۳
	فضای سبز	۶/۷۵	۷۲/۴۵	-
۲۰۱۰-۲۰۲۰	مناطق بایر	-	۲۵۱/۲۸	۴۹/۶۸
	مناطق انسان ساخت	۹۳/۳۳	-	۹۴/۱۴
	فضای سبز	۷/۴۷	۴۱/۱۳	-
۲۰۰۰-۲۰۲۰	مناطق بایر	-	۵۵۰/۴۴	۹۴/۶۸
	مناطق انسان ساخت	۳۵/۱	-	۵۲/۲۹
	فضای سبز	۷/۹۲	۷۵/۳۳	-

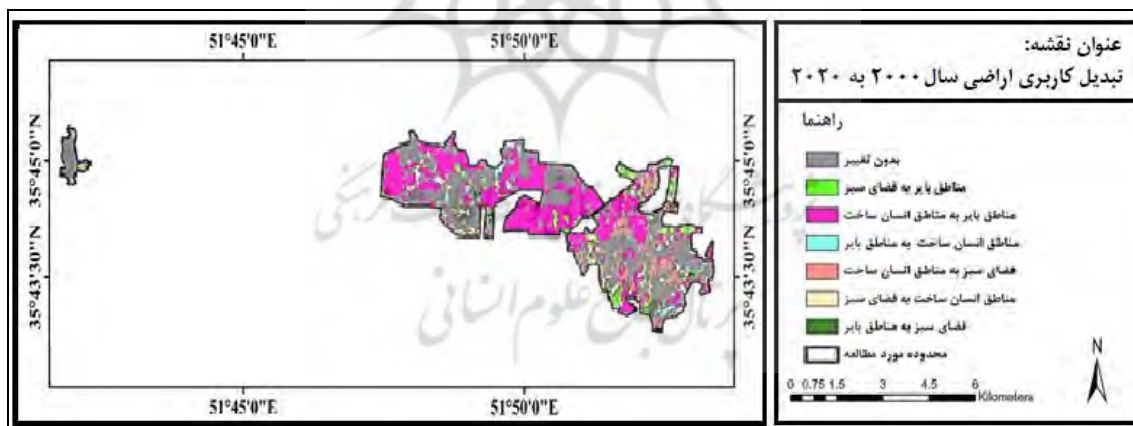
نمایش گرافیکی تبدیل طبقات مختلف کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ به ۲۰۱۰ در گراف‌های زیر نشان داده شده است.



شکل ۷. تبدیل طبقات کاربری اراضی شهر پردیس در سال ۲۰۰۰ به سال ۲۰۱۰



شکل ۸. تبدیل طبقات کاربری اراضی شهر پردیس در سال ۲۰۱۰



شکل ۹. تبدیل طبقات کاربری اراضی شهر پردیس در سال ۲۰۰۰ به سال ۲۰۲۰

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر جدید پردیس با مدل‌های سلول خودکار تا سال ۲۰۴۰

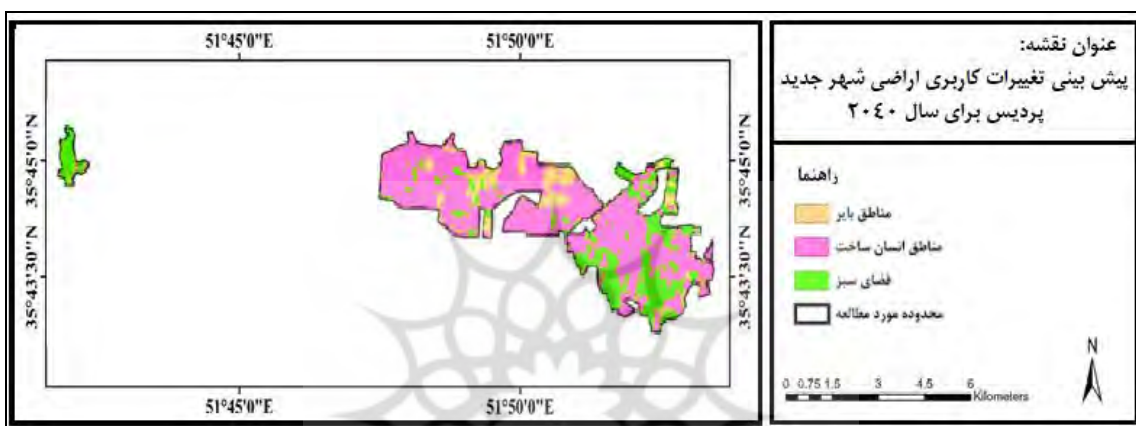
روش Ca-Markov ترکیب کننده شبکه خودکار و فرایندهای پیش‌بینی پوشش زمین از طریق زنجیره مارکوف است و با استفاده از خروجی‌های تحلیل زنجیره مارکوف (فایل مساحت انتقال یافته)، Ca-Markov از یک فیلتر مجاورت برای استخراج کاربری زمین از زمان ۲ به دوره‌های زمانی بعد استفاده می‌کند. در واقع CA، یک فاکتور وزن‌دهی مکانی را توسعه می‌دهد که برای هر کدام از مطلوبیت‌ها بکار گرفته خواهد شد. وزن بیشتر به مناطقی که نزدیک به کاربری زمین کنونی هستند داده می‌شود که تغییرات کاربری

زمین در نزدیکی کلاس‌های کاربری زمین مشابه کنونی ایجاد گردد و بصورت کاملا تصادفی نباشد. این مدل در نرم‌افزار *Teraset* صورت گرفته است. ماتریس انتقال مساحت از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در جدول (۶)، نشان داده شده است.

جدول ۶. ماتریس مساحت انتقال از سال ۲۰۰۰ به ۲۰۲۰

مناطق بایر	مناطق انسان ساخت	فضای سبز
۸۷۸	۱۹۷۷	۳۴۰
۸۲۱	۹۳۵۶	۱۲۲۳
۱۰۸	۱۰۲۷	۲۶۸۵

با استفاده از داده‌های احتمال ایجاد شده توسط مدل سلول خودکار Ca-Markov میزان تغییرات و توسعه را برای سال ۲۰۴۰ پیش‌بینی شده است. نتایج گرافیکی این پیش‌بینی در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

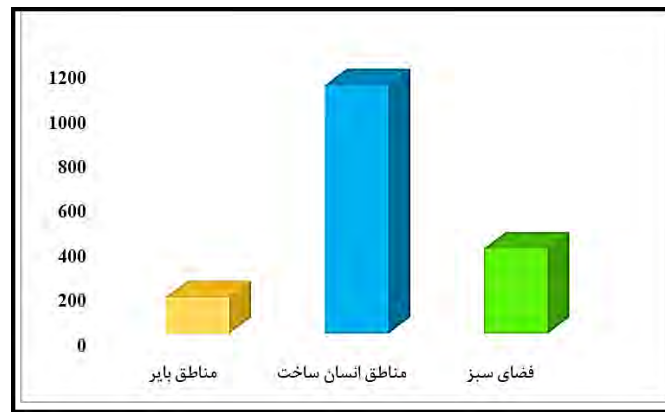


شکل ۱۰. نمایش گرافیکی پیش‌بینی کاربری اراضی شهر پردیس در سال ۲۰۴۰

نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات در سال ۲۰۴۰ نشان می‌دهد که مناطق بایر نسبت به سال ۲۰۲۰ کاهش چشمگیر نزدیک به ۱۳۰ هکتار دارد. مناطق انسان ساخت در سال ۲۰۴۰ نیز افزایش تقریباً ۵ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۰ دارد و این میزان به ۱۱۱۳ هکتار می‌رسد که نسبت به سال ۲۰۲۰ افزایش تقریباً ۷۵ هکتاری را دارد. همچنین میزان فضای سبز نیز نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایش تقریباً ۳۰ هکتاری دارد و به میزان ۳۸۱ هکتار می‌رسد (جدول ۷ و شکل ۱۱).

جدول ۷. نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر شهر پردیس در سال ۲۰۴۰

سال	فضای سبز	مناطق انسان ساخت	مناطق بایر
۲۰۴۰	۳۸۱/۶	۱۱۱۳/۲۱	۱۶۲/۴۵



شکل ۱۱. نمودار نمایش گرافیکی طبقه‌بندی کاربری اراضی شهر پردیس در سال ۲۰۴۰

تجزیه و تحلیل کاربری اراضی شهر جدید پردیس با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین

بررسی سنج‌های سیمای سرزمین در ۲ سطح کلاس و سیمای سرزمین در کاربری‌های اراضی در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰ با استفاده از نرم‌افزار Fragstats 2.4 مورد بررسی قرار گرفت. سنج‌های مورد بررسی در سطح کلاس شامل شاخص بزرگ‌ترین لکه، تراکم لکه و میانگین مساحت لکه و در سطح سیمای سرزمین شامل تعداد لکه، شاخص تراکم شانون و اتصال فیزیکی بین لکه‌ها هستند (جدول ۸).

جدول ۸. سنج‌های مورد بررسی در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰

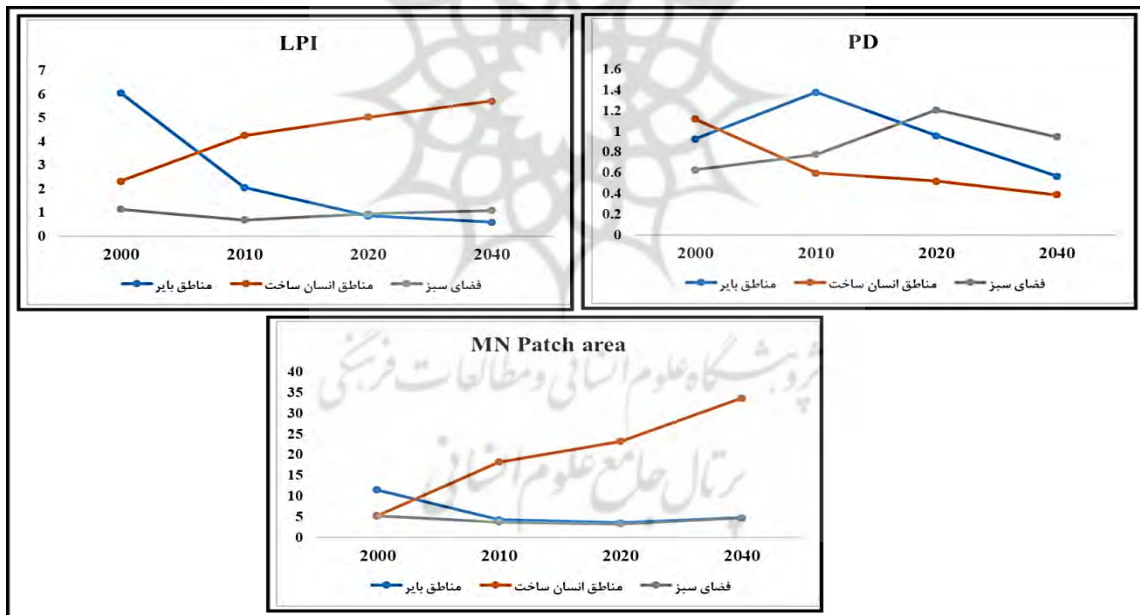
توضیحات	واحد	دامنه تغییرات	نام فارسی	نام کامل انگلیسی	سنج‌های سیمای سرزمین	
بزرگ‌ترین لکه اشغال شده است. این سنج یک اندازه‌گیری ساده از چیرگی است.	۰-۱۰۰	%	شاخص بزرگ‌ترین لکه	Largest patch index	LPI	
نشان‌دهنده تعداد لکه در واحد سطح و فراهم کردن امکان مقایسه بین مساحت‌های مختلف	تعداد در ۱۰۰ هکتار	$0 < PD$	تراکم لکه	Patch density	PD	کلاس
میانگین اندازه لکه‌ی یک طبقه از لکه‌ها	هکتار	-	میانگین مساحت لکه	Mean patch area	MN Area	
تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین و یا تعداد لکه‌ها برای طبقه‌ای خاص	-	$NP \geq 1$	تعداد لکه	Number of patches	NP	
تنوع در محیط زیست جامعه است که برای مناظر استفاده می‌شود.	-	$SHDI \geq 0$	شاخص تراکم شانون	Shannon's Diversity index	SHDI	سیمای سرزمین
اتصال فیزیکی بین لکه‌ها مشخص می‌شود.	-	$0 \leq COHESION < 100$	اتصال فیزیکی بین لکه‌ها	Patch cohesion index	COHESION	

نتایج بررسی‌های سنج‌های سیمای سرزمین در سطح کلان در جدول (۹) و نمایش گرافیکی آن نیز در شکل (۱۲) نشان داده شده است. این نتایج حاکی از آن است که در بخش شاخص بزرگ‌ترین لکه که هرچه این مقدار بیشتر باشد دارای مطلوبیت بهتری است. زیرا بخش بیشتری از منطقه توسط یک لکه بزرگ اشغال شده و دارای تکه تکه شدگی نیست، در بخش مناطق پابر، این میزان از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۴۰ کاهش داشته است و در مناطق انسان ساخت و فضای سبز از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۴۰ این مقدار افزایش یافته است. مناطق انسان ساخت و فضای سبز در سال ۲۰۴۰ در بهترین حالت از نظر بزرگ‌ترین لکه قرار دارند و دارای تکه تکه شدگی نیستند. میزان سنج تراکم لکه نشان می‌دهد که مناطق پابر از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ افزایش داشته و سپس در سال ۲۰۴۰ کاهش پیدا کرده است. مناطق انسان ساخت از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۴۰ کاهش پیدا کرده است و فضای سبز از سال ۲۰۰۰ تا سال

۲۰۲۰ افزایش و سپس در سال ۲۰۴۰ کاهش پیدا کرده است. میزان میانگین مساحت لکه که با افزایش آن میزان مطلوبیت افزایش پیدا می‌کند، مناطق بایر از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ کاهش یافته و در سال ۲۰۴۰ افزایش پیدا می‌کند. میزان مناطق انسان ساخت از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۴۰ افزایش داشت است و این میزان برای فضای سبز از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۴۰ کاهش پیدا کرده است.

جدول ۹. بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰

MN Patch area	PD	LPI	طبقه	سال
۱۱/۶۱	۶/۰۶	۰/۹۳	مناطق بایر	۲۰۰۰
۵/۲۴	۲/۳۳	۱/۱۲	مناطق انسان ساخت	
۵/۳۲	۱/۱۴	۰/۶۳	فضای سبز	
۴/۳۳	۲/۰۶	۱/۳۸	مناطق بایر	۲۰۱۰
۱۸/۲۵	۴/۲۶	۰/۶۰	مناطق انسان ساخت	
۳/۷۸	۰/۶۹	۰/۷۸	فضای سبز	
۳/۵۵	۰/۸۶	۰/۹۶	مناطق بایر	۲۰۲۰
۲۳/۳۱	۵/۰۴	۰/۵۲	مناطق انسان ساخت	
۳/۳۷	۰/۹۵	۱/۲۱	فضای سبز	
۴/۷۷	۰/۶	۰/۵۷	مناطق بایر	۲۰۴۰
۳۳/۷۳	۵/۷۲	۰/۳۹	مناطق انسان ساخت	
۴/۷۷	۱/۰۹	۰/۹۵	فضای سبز	

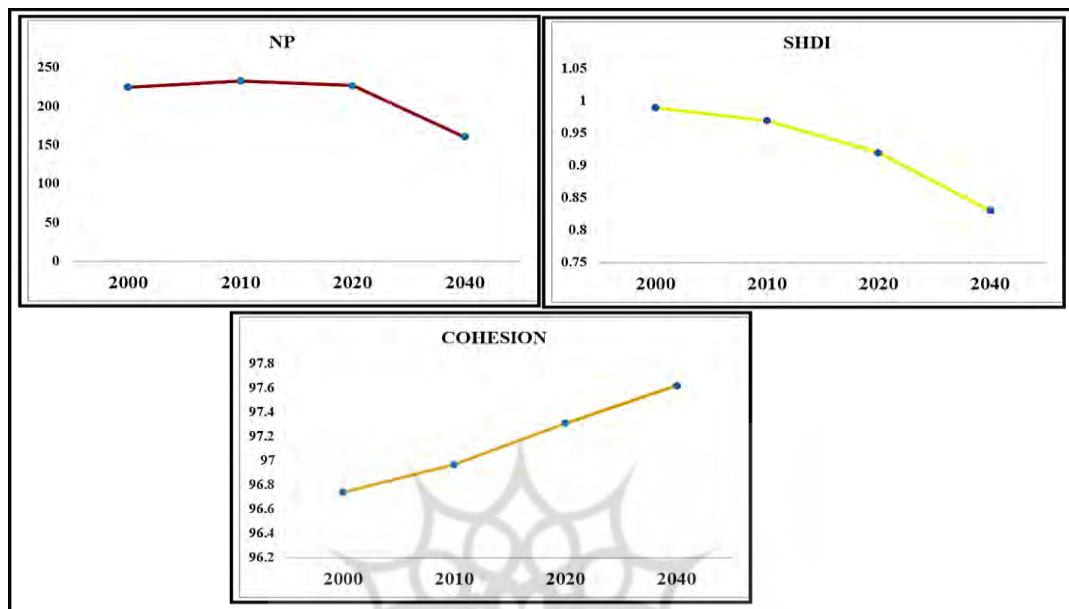


شکل ۱۳. نمایش گرافیکی سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰

بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین در جدول (۱۰) و نمایش گرافیکی آن در شکل (۱۳) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در سطح تعداد لکه، سال ۲۰۲۰ این میزان بیشترین مقدار خود رسیده است که نشان‌دهنده نامطلوب‌ترین سال در بین سال‌های موردبررسی قرار دارد و بهترین حالت در سال ۲۰۴۰ است. میزان بررسی شاخص تراکم شانون نشان می‌دهد که این میزان از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۴۰ کاهش پیدا کرده است و این میزان در سال ۲۰۴۰ دارای تراکم بیشتری نسبت به سال‌های دیگر است.

جدول ۱۰. بررسی سنج‌های سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰

سال	NP	SHDI	COHESION
۲۰۰۰	۲۲۵	۰/۹۹	۹۶/۷۴
۲۰۱۰	۲۳۳	۰/۹۷	۹۶/۹۷
۲۰۲۰	۲۲۷	۰/۹۲	۹۷/۳۱
۲۰۴۰	۱۶۱	۰/۸۳	۹۷/۶۲



شکل ۱۲. نمودار نمایش گرافیکی سنج‌های سیمای سرزمین در سطح سیمای سرزمین در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۴۰

نتیجه‌گیری

فعالیت‌های مخرب انسان و تبدیل و تفکیک اراضی بر سیمای محیط تأثیرگذار بوده و اثرات زیست‌محیطی شدیدی بر اکوسیستم‌های طبیعی دارد، این مسئله وسعت عرصه‌های طبیعی را کاهش و پراکندگی و انقطاع آن را افزایش می‌دهد. شناسایی تغییرات عوارض سطح زمین برای درک ارتباط متقابل انسان و محیط، می‌تواند در آمایش کاربری اراضی، ارزیابی خطرات محیطی و نیز الگوی مکانی استفاده از اراضی مورد استفاده قرار گیرد. درک ساختار و نحوه ترکیب الگوهای سیمای سرزمین سبب طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی یکپارچه سیمای سرزمین می‌شود که می‌تواند به کاهش تخریب سیمای سرزمین کمک کند و در آمایش استفاده از زمین موثر باشد. به‌طور کلی به‌منظور درک روند تغییرات در سیمای سرزمین مناطق، تغییرات در محیط‌های طبیعی همگی می‌بایست بر مبنای یک دوره زمانی صورت بگیرد. در این امتداد، این مقاله با هدف آشکارسازی و شبیه‌سازی تغییرات رشد و توسعه شهر جدید پردیس با سنج‌های سیمای سرزمین تا سال ۲۰۴۰ انجام گرفت. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات تصاویر کاربری اراضی شهر پردیس نشان می‌دهد که مناطق بایر در سال ۲۰۰۰، ۹۰۵/۵۸ هکتار است که این مقدار از سال ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ بسیار بیشتر است و پس از آن بیشترین میزان مساحت آن برای سال ۲۰۱۰ است. میزان مناطق انسان ساخت در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ افزایش قابل توجهی داشته و میزان آن به بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار می‌رسد. میزان مناطق فضای سبز در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ و ۲۰۰۰ افزایش داشته است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که طبقه مناطق بایر از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ کاهش چشمگیر داشته است. مناطق انسان ساخت نیز از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ نیز افزایش داشته است و بیشترین افزایش مساحت در سال ۲۰۲۰ است. میزان طبقه فضای سبز از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۰ کاهش و سپس در سال ۲۰۲۰ افزایش داشته است. نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات در سال ۲۰۴۰

نشان می‌دهد که مناطق بایر نسبت به سال سال ۲۰۲۰ کاهش چشمگیر نزدیک به ۱۳۰ هکتار دارد. مناطق انسان ساخت در سال ۲۰۴۰ نیز افزایش تقریباً ۵ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۰ دارد و این میزان به ۱۱۱۳ هکتار می‌رسد که نسبت به سال ۲۰۲۰ افزایش تقریباً ۷۵ هکتاری را دارد. همچنین میزان فضای سبز نیز نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایش تقریباً ۳۰ هکتاری دارد و به میزان ۳۸۱ هکتار می‌رسد. نتایج سنج‌های سیمای سرزمین نشان داد که در سطح تعداد لکه، سال ۲۰۲۰ این میزان بیشترین مقدار خود رسیده است که نشان‌دهنده نامطلوب‌ترین سال در بین سال‌های مورد بررسی قرار دارد و بهترین حالت در سال ۲۰۴۰ است. میزان بررسی شاخص تراکم شانون نشان می‌دهد که این میزان از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۴۰ کاهش پیدا کرده است و این میزان در سال ۲۰۴۰ دارای تراکم بیشتری نسبت به سال‌های دیگر است. نتایج این پژوهش با نتایج هرولد^۱ و همکاران (۲۰۰۵)، در بررسی نقش سنج‌های سیمای سرزمین در تجزیه و تحلیل تغییر کاربری شهری سانتا باربارا و با یافته‌های ماسوشیتا^۲ و همکاران (۲۰۰۶)، همسو می‌باشد و به تکه تکه شدگی سیمای سرزمین اذعان کرده‌اند. در نهایت با توجه به رشد کنترل نشده مناطق انسان ساخت و کشاورزی طی ۲۴ سال گذشته در منطقه، برای جلوگیری از تخریب بیشتر و هم‌چنین حفظ پوشش‌های کاربری مرتعی پیشنهادهایی ارائه می‌گردد. ارزیابی کمی تغییرات کاربری اراضی می‌تواند مبنای آمایش مکانی تغییرات اراضی باشد. علاوه بر این، انتخاب راهبرد مناسب در جلوگیری از تغییرات کاربری اراضی و نیز حفظ یکپارچگی اکولوژیک اراضی می‌تواند بر مبنای نتایج کمی حاصل از تغییر الگوی سیمای سرزمین باشد. با توجه نتایج به دست آمده تمرکز کاربری‌ها در قسمت خاصی از منطقه جهت جلوگیری از تخریب سرزمین و توانمندسازی جوامع محلی، ارتقاء و بهره‌گیری از دانش بومی به منظور مدیریت تغییرات کاربری اراضی از جمله پیشنهادهاست که می‌توان برای شهر جدید پردیس ارائه کرد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری رشته شهرسازی بوده که در گروه شهرسازی دانشگاه آزاد اسلامی واحد امارات از آن دفاع شده است.

منابع

- امیری، محمد جواد، عسگری پور، افسانه، ذوقی، محمود (۱۳۹۹)، ارزیابی تغییرات پوشش اراضی شهر ملایر با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، سال ۲۲، شماره ۱۱، ۱۸۳-۱۹۳.
- بی‌همتای طوسی، ندا، سفیانیان، علیرضا، فاخران، سیما (۱۳۹۵)، آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین (مطالعه موردی: شهرستان خمینی شهر)، دومین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیمای سرزمین، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۶ و ۵ آبان ۱۳۹۵.
- شجاعی، مرضیه، شایسته، کامران، عطایان، بهناز (۱۳۹۸)، تأثیر الگوهای سیمای سرزمین بر تغییرات دمای شهری در همدان، جغرافیا و پایداری محیط، سال ۹، شماره ۴، ۹۹-۱۱۴.
- فجر، سکینه، ایلانلو، مریم. (۱۳۹۸)، ارزیابی تغییرات فضایی- زمانی شکل شهرهای ساحلی استان خوزستان با به کارگیری سنج‌های سیمای سرزمین، جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال ۸، شماره ۳، ۱۶۷-۱۸۴.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۵)، نتایج سرشماری نفوس و مسکن شهر پردیس، ۱۳۹۵.
- موسوی، سیدحجت، رنجبر، ابوالفضل، حاصلی، مهدی (۱۳۹۵)، پایش و روندیابی تغییرات کاربری اراضی حوضه ابرکوه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، اطلاعات جغرافیایی، سال ۲۵، شماره ۹۷، ۱۴۶-۱۲۹.

¹. Herold

². Matsushita

- نظرنژاد، حبیب، حسینی، مرتضی، مصطفی زاده، رئوف (۱۳۹۸)، ارزیابی تغییرات پیوستگی و الگوی کاربری اراضی با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین در حوزه آبخیز زولاچای، سلماس. مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره نهم، شماره ۳۴، صص ۶۶-۵۳.
- یوسفی مقدم، علی رضا، نبی بیدهندی، غلامرضا، هویدی، حسن (۱۳۹۹)، مدل‌سازی توان اکولوژیک توسعه شهری براساس سنج‌های سیمای سرزمین (مطالعه موردی: شهر شیراز). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، سال ۵۲، شماره ۴، ۱۴۰۹-۱۴۳۲.
- Apan, A.A., S.R. Raine and M.S. Paterson. (2002). Mapping and Analysis of Changes in the Riparian Landscape Structure of the Lockyer Valley Landscape Change- Issues of Scale, Resolution and Interpretability. *Journal of Ecological Indicators*, 2(1-2), pp. 3-15.
- Aspinall, J., Richard, Hill, Michael, J. (2008). *Land use change: Science, policy and management*, CRC Press: Taylor and Francis Group, 185 p.
- Ayini M, Zabih H, Saeideh Zarabadi Z S. A Study of the Challenges of Urban Management System in New Iranian Cities. *IUESA*. 2019, Vol. 7 (27), pp.1-15.
- Crow, T. (2002). Putting multiple use and sustained yield into a landscape context. *Scientific Journal*, UK, pp. 349-365
- Fan, C., Myint , S. (2017). A comparison of spatial autocorrelation indices and landscape metrics in measuring urban landscape fragmentation, *Journal, Landscape and Urban Planning*, vol. 121, pp. 117-128
- Forman, R.T.T., and Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. Springer, 640p.
- Gao, J., Li, S. (2011). Detecting spatially nonstationary and scale-dependent relationships between urban landscape fragmentation and related factors using geographically weighted regression. *Applied Geography*, Vol. 31(1), pp.292-302.
- Herold, M., Couclelis, H., and Clarke, K. (2005). The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban landuse change. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 29(4), pp. 369-399.
- Herzog.F., Lausch, A. (2001). Supplementing land-use statistics with landscape metrics: Some methodological consideration, *Environmental monitoring and assessment*, Vol. 72, No. 1, pp. 37-45.
- Hugget, R. J. Cheesman, J. (2002). *Topography and the Environment*, London; Licencing Agency Ltd.
- Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, Scholten, A., and Henk, J. (2007). *Modelling land-use change: Progress and applications*, Springer, 392 p.
- Leitao, A. B., J. Miller, J. Ahern & K. McGarigal, (2009). Measuring Landscape, *Journal of Urban Affairs*, Vol. 31(3), 376-378.
- Leitao, A., Miller, J., Ahern, J., and McGarigal, K. (2006). *Measuring Landscape, A Planners Handbook*, 272p.
- Matsushita, B., Xu, M., and Fukushima ,T. (2006). Characterizing the changes in Landscape structure in the lake Kasumigaura basin, Japan using a highquality GIS dataset. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 78(3), pp. 241-250.
- McGarigal, K. (2015). *Fragstats User Manual, Version 4.2*. University of Massachusetts Amherst, 182p
- Campos, P. B. R., Almeida, C. M. d., Queiroz, A. P. d. (2018). Educational infrastructure and its impact on urban land use change in a peri-urban area: a cellular-automata based approach, *journal of Land Use Policy*, Vol 79, pp. 774-788.
- Plexida, S., Athanassios, S., Ioannis, I., and Vasilios, P. (2014). Selecting landscape metrics as indicators of spatial heterogeneity—A comparison among Greek landscapes, *Journal International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol 25, pp. 26-35.
- Simova., P. & Gdulova, K. 2012. Landscape indices behavior: A review of scale effects. *Applied Geography*, 34, 385-394.
- Stow, D.A., Chen, D.M. (2002). Sensitivity of multi-temporal NOAA AVHRR data of an urbanizing region to land use/cover changes and misregistration, *Remote Sensing of Environment*, Vol 80, Pp 297-307.
- Traore, A., Mawenda, J., and Komba, A. (2018). Land-Cover Change Analysis and Simulation in Conakry (Guinea), Using Hybrid Cellular-Automata and Markov Model. *Urban Sci*. Vol. 2(2).
- Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaaare, J., Marja, R., and Mander, U. (2009). Landscape metrics and indices: An overview of their use in landscape research. *Living Reviews in Landscape Research*, 3, pp. 1-28.