

صص ۱۴۰-۱۲۷

تحلیل تغییرات زمانی - مکانی اراضی با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین (نمونه موردی: شهر پاکدشت)

علی‌رضا طاهری نسب

دانشجوی دکتری گروه جغرافیا، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

لیلا ابراهیمی جمنانی*

استادیار گروه جغرافیا، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

آمنه حقزاد

استادیار گروه جغرافیا، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

مهرداد رمضان‌پور

استادیار گروه جغرافیا، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۱۴

چکیده

انسان‌ها در طول ۵۰ سال گذشته، چشم‌اندازها را حتی با سرعتی بیشتر و گسترده‌تر از هر دوره دیگر تغییر داده‌اند. امروزه نگرانی اصلی جوامع بشری تکه‌تکه شدن چشم‌اندازها در نتیجه توسعه زیرساخت‌ها انسانی، فعالیت‌های صنعتی، نابودی زمین‌های کشاورزی و پوشش گیاهی، افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی است. هدف اصلی این پژوهش، مطالعه و بررسی تغییرات زمانی - مکانی اراضی بایر، اراضی کشاورزی و اراضی ساخته‌شده دست انسان در شهر پاکدشت با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین می‌باشد. داده‌ها از طریق تصاویر ماهواره‌ای حاصل از ماهواره لندست متعلق به سال‌های ۲۰۱۹ و ۱۹۸۹ میلادی که توسط سنجنده‌های OLI و MSS5 برداشت شده است. این تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3 بر اساس الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شدند. پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و طبقه‌بندی این تصاویر در بازه زمانی مورد مطالعه، از نرم‌افزار Fragstats جهت استخراج سنج‌های در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین در سطح سیمای استفاده شد. در مجموع ۷ سنج جهت کمی‌سازی سیمای سرزمین در سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۹ م (۱۳۶۸-۱۳۹۸ ش) اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان می‌دهد در همه کاربری‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه خردشدگی و گسستگی مشاهده می‌شود که بیشتر این خردشدگی و گسستگی متعلق به زمین‌های کشاورزی می‌باشد کمترین میزان خردشدگی و گسستگی متعلق به کلاس مسکونی بوده است.

واژگان کلیدی: سنجنده، اراضی مسکونی، اراضی بایر، سیمای زمین، سطح کلاس

مقدمه

چشم‌اندازها مناظر جغرافیایی ناهمگونی هستند که متشکل اکوسیستم‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی می‌باشند (Kumar et al, 2018: 224). نگاهی گذرا به وضعیت محیط‌زیست جهان مبین این واقعیت است که در چند دهه اخیر در نتیجه فعالیت‌های بشر، کره زمین متحمل صدمات جبران‌ناپذیری شده است (Tagliafierro et al, 2013:314). انسان‌ها در طول ۵۰ سال گذشته، چشم‌اندازها را حتی با سرعتی بیشتر و گسترده‌تر از هر دوره دیگر تغییر داده‌اند (Davidson, 2013: 178). امروزه نگرانی اصلی جوامع بشری تکه‌تکه شدن چشم‌اندازها در نتیجه توسعه زیرساخت‌ها انسانی، فعالیت‌های صنعتی، نابودی زمین‌های کشاورزی و پوشش گیاهی، افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی است (Lin et al, 2019: 148). روند شهرسازی مستلزم تغییر کاربری اراضی شامل از دست رفتن زمین‌های کشاورزی و زیستگاه‌های طبیعی، تبدیل سطوح طبیعی قابل نفوذ به سطوح مصنوعی و غیر قابل نفوذ است (Miller and Brewer, 2018: 34). به‌نوعی گسترش شهری^۱ موجب تکه‌تکه شدن^۲، جدا افتادگی^۳ و تخریب بوم‌سازگان‌های طبیعی و تغییر کاربری اراضی می‌شود، ترکیب گونه‌ها را ساده و یکنواخت می‌کند (Zhang Et al. 2004; 123). این امر از معیارهای بی‌شماری مانند تغییرات جمعیت، افزایش میزان مهاجرت از روستا به شهر و افزایش نرخ شهرنشینی تأثیر پذیرفته است. ادامه فرایند افزایش جمعیت، زمینه‌ساز افزایش تقاضا برای سکونت و گسترش سریع مراکز فعالیت در حومه‌ها شده است. در نتیجه، توسعه اراضی شهری ساخته‌شده به تغییر در کارکرد و کاربری اراضی مناطق شهری منجر شده است. در این فرایند، در وهله اول تغییر و تحولاتی که در کاربری اراضی رخ می‌دهد، نخست، بر اراضی کشاورزی، بایر و مرتع دید می‌شود (رضایی و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۷). تغییر کاربری زمین نشان‌دهنده رابطه بین فعالیت‌های انسانی و فرایندهای زیست‌محیطی در طول زمان و مکان است (Hao et al, 2013:456). یکی از ابزارهای مورد استفاده برنامه‌ریزان در جهت کنترل روند تغییرات کاربری، سنج‌های سیمای سرزمین هستند. سنج‌ها ابزاری برای شناسایی تغییرات کاربری زمین هستند و برای شناسایی ارتباط بین کاربری زمین و عوامل مؤثر بر آن کارآمد می‌باشند (Zhang et al, 2009: 2109). سنج‌های سیمای سرزمین در اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی بر اساس نظریه تئوری اطلاعات ارائه شد (Herold et al, 371). این سنج‌ها در جهت نزدیک کردن زبان برنامه‌ریزان شهری و اکولوژیست‌ها حائز اهمیت هستند (Lausch & Herzog, 2002:5). این سنج‌ها را می‌توان به دو دسته مختلف تقسیم نمود: دسته از سنج‌ها، ترکیب سیمای سرزمین^۴ که بیانگر توصیفی از سیمای سرزمین هستند (مانند نوع و تعداد تکه‌های موجود در پهنه سیمای سرزمین) و دسته دیگری از سنج‌ها، شکل سیمای سرزمین یا چیدمان تکه‌ها یا ساختار سیمای سرزمین را نسبت به یکدیگر تحلیل می‌نمایند و در واقع نظم فضایی سیمای سرزمین^۵ را در نظر می‌گیرند (مانند شاخص شکل سیمای سرزمین و میانگین فاصله از نزدیک‌ترین تکه

¹ -urban sprawl

² -fragmentation

³ -isolation

⁴ - Landscape Composition Metrics

⁵ - Configuration Landscape Metrics

همسایه)(McGarigal et al. 2002: 120). سنجه‌های سیمای سرزمین در سه سطح شامل سیمای سرزمین، طبقات کاربری و پوشش سرزمین و تکه‌ها قابل اندازه‌گیری هستند (Alberti et al, 2001). این سنجه‌های به‌راحتی از طریق عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی قابل مطالعه هستند و از سوی دیگر رابطه آن‌ها با کارکرد اکوسیستم به‌طور کلی پذیرفته شده است (Kelly et al, 2011: 267). از این‌رو امروزه برنامه‌ریزی کاربری زمین بدون بهره‌گیری از اصول اکولوژی سیمای سرزمین امری ناممکن است (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۹۸).

در این زمینه پژوهش‌های و مطالعات زیادی در سطح جهان و ایران صورت گرفته است. سیسودیا و همکاران (۲۰۱۶) پراکندگی شهری جیپور هند با ادغام علم سنجش از دور، GIS و مدل شاخص آنتروپی شانون را بررسی کردند. تغییرات مقدار شاخص آنتروپی شانون در طول سال‌های ۱۹۷۲ - ۲۰۱۳ روند افزایشی داشته و رشد پراکنده شهر را نشان می‌دهد. اراضی ساخته شده در جیپور از ۴۰ کیلومتر مربع در سال ۱۹۷۲ به ۴۰۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۳ رسیده است. این مطالعه برای ۴۱ سال گذشته رشد پراکنده قابل توجه برای اراضی شهری در مناطق حاشیه‌ای شهرستان جیپور را نشان می‌دهد.

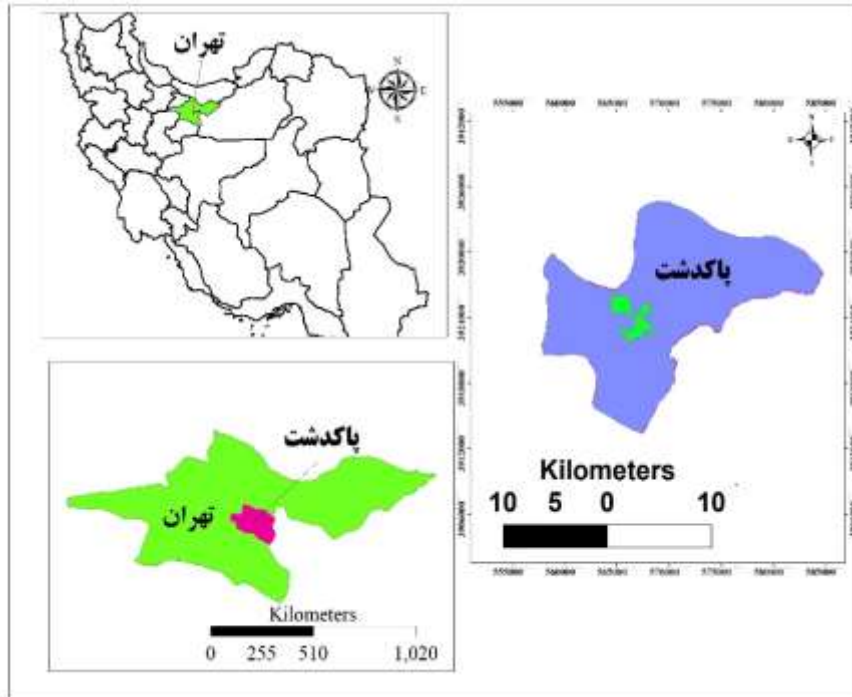
حس سان در سال (۲۰۱۷) به بررسی تغییرات کاربری اراضی ناشی از رشد فیزیکی شهری و تجزیه و تحلیل الگوی چشم‌انداز در پنج شهرستان بزرگ شهرنشین بنگلادش پرداخته است. نتایج او نشان می‌دهد مساحت زمین‌های ساخته شده در این پنج شهر از ۲۳۵۶ هکتار در سال ۱۹۷۶ به ۱۳۴۳۵ هکتار در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است و رشد آن تقریباً ۴۶۸ درصد بوده است. در حالی که پوشش گیاهی و کاشت از ۶۱/۹۱ درصد به ۲۷/۷ درصد در همین دوره کاهش یافته است. هونگ و همکارانش (۲۰۱۹) به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و تأثیرات آن در اکوسیستم به لحاظ زیست‌محیطی در شهر ژانگ‌جیکاو استان هبی چین پرداختند.

کریمی فیروز جانی و همکاران (۱۳۹۷) به پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر بابل در دوره زمانی ۱۳۶۴-۱۴۱۹ با استفاده از تصاویر چند زمانه لندست، پرداختند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از اراضی ساخته شده میزان تغییرات کاربری اراضی کاهش چشمگیری داشته است. همچنین شاخص $0/8$ آنتروپی شانون طی سال‌های گذشته روند رو به رشدی داشته به‌طوری که از $0/73$ در سال ۱۳۶۴ به $0/80$ در سال ۱۳۹۴ رسیده است. نتایج تغییرات کاربری اراضی، رشد ۳۳ درصدی اراضی ساخته شده و کاهش ۷۰۴ هکتاری اراضی زراعی را برای سال ۱۴۱۹ نسبت به سال ۱۳۹۴ قابل پیش‌بینی است و این امر ضرورت توجه به موضوع گسترش شهری و پیامدهای آن در شهر و پیرامون را نشان می‌دهد. فجر و ایلانلو (۱۳۹۸) به ارزیابی تغییرات فضایی-زمانی شکل شهرهای ساحلی استان خوزستان با به‌کارگیری سنجه‌های سیمای سرزمین پرداختند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که در چهار شهر آبادان، بندر امام خمینی (ره)، بندر ماهشهر و بندر خرمشهر در طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸ گسترش اراضی شهری به‌شدت افزایش داشته است.

در طی سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۶۵ یکی از سیزده سکونت‌گاه‌های خودرو اقماری که در منطقه شهری تهران به‌عنوان شهر به رسمیت شناخته شد، شهر پاکدشت است. واقع شدن این شهرستان در ۲۰ کیلومتری کلان‌شهر تهران، سهولت ایاب و ذهاب و ارزانی سکونت نسبت به شهر تهران و وجود کارخانه‌ها و کارگاه‌های متعدد باعث گردیده تا این شهرستان از مهاجرپذیری مناطق اطراف تهران گردد. به نحوی که بنا بر سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵، تعداد ۱۰۰۲۲۸ خانوار شامل ۴۱۰۶۰۹ نفر در این شهرستان ساکن بوده‌اند که از این تعداد ۱۷۹'۳۷۵ نفر مرد و ۱۷۱'۵۹۱ نفر آن‌ها زن بودند. این مهاجرت بی‌رویه و پیش‌بینی نشده باعث گسترش ناموزون شهر پاکدشت و تخریب اراضی کشاورزی آن گردیده است. شدت و سرعت این گسترش موج افزایش بی‌سابقه قیمت زمین و ساختمان، دگرگونی و تغییر بافت محل‌های سکونت، ظهور محل‌های جدید الاحداث پیش‌بینی نشده، مشکلات ترافیک و ترافیک، حاشیه‌نشینی، بروز مشاغل کاذب و صدها عارضه بیمارگونه دیگر شده است. از این‌رو عوامل مذکور ضرورت برنامه‌ریزی منطقه‌ای استفاده از اراضی را در این شهرستان ایجاب می‌نماید. هدف اصلی این پژوهش، مطالعه و بررسی تغییرات زمانی - مکانی اراضی بایر، اراضی کشاورزی و اراضی ساخته‌شده دست انسان در شهر پاکدشت با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین است. در این پژوهش علاوه بر به‌کارگیری از نرم‌افزار Fargast از نرم‌افزار TerrSat نیز برای تحلیل تغییرات مکانی و شاخص‌های مکانی استفاده شده است.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان پاکدشت یکی از شهرستان‌های استان تهران است. این شهرستان در جنوب شهر تهران و مرکز آن شهر پاکدشت است. پاکدشت از شهرستان‌های استان تهران و از مهاجرپذیرترین شهرستان‌های ایران است. شهرستان پاکدشت از دو بخش مرکزی و شریف آباد تشکیل شده است که شهر پاکدشت در بخش مرکزی واقع شده است. دو شهر پاکدشت و شریف آباد، ۶ دهستان و ۵۵ روستا تشکیل شده است. منطقه مورد مطالعه با ارتفاع ۱۱۰۷ متر از سطح دریا در زمین‌های آبرفتی جنوب رشته‌کوه‌های البرز قرار گرفته است که از لحاظ کشاورزی دارای استعداد‌های بالفعل و بالقوه فراوانی است و دارای حدود ۲۴۶۳۹ هکتار اراضی کشاورزی می‌باشد. (شکل ۱)



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

روش پژوهش از نوع کمی بوده و منطق حاکم بر آن استقرایی است. رویکرد پژوهش توصیفی است و از آن برای فهم ماهیت موضوع استفاده می‌شود. داده‌ها از طریق تصاویر ماهواره‌ای حاصل از ماهواره لندست متعلق به سال‌های ۲۰۱۹ و ۱۹۸۹ میلادی که توسط سنجنده‌های OLI و MSS5 برداشت شده است، با توان تفکیک ۳۰ متر جمع‌آوری شد که تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ و ۷ به توان ۱۵ متر به منظور استخراج دقیق‌تر پهنه‌ها در نرم‌افزار ENVI 5.3 تبدیل شد. این تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3 بر اساس الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شدند. برای استخراج نقشه پوشش اراضی و آشکارسازی تغییرات تصاویر حاصل از طبقه‌بندی، تصاویر در چهار طبق اصلی مسکونی (شهر)، مناطق کشاورزی، بایر و پهنه آبی دسته‌بندی شدند.

سپس دقت نقشه‌های به دست آمده از الگوریتم حداکثر احتمال برآورد گردید و در نهایت به منظور آشکارسازی تغییرات سطح زمین از مدل LCM بهره گرفته شد. به همین منظور از نرم‌افزار TerrSet استفاده گردید. پس از تهیه نقشه‌های پوشش سرزمین از نرم‌افزار Fragstats جهت استخراج سنجه‌های سیمای سرزمین در دو سطح کلاس و سیمای استفاده شد. Fragstats عنوان برنامه‌ای است که برای کمی کردن ساختار و الگوی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مجموع از ۶ سنجه جهت کمی سازی سیمای سرزمین در سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۹ م (۱۳۶۸-۱۳۹۸ ش) اندازه‌گیری شدند که خصوصیات برخی از آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: فرمول‌های محاسباتی سنج‌های مورد استفاده در سطح سیمای سرزمین

محدوده تغییرات	واحد	فرمول محاسباتی	مخفف	سنجه	
$TA > 0$	هکتار	$TA = A \frac{1}{10000}$	TA	مساحت	کلاس
$0 < PLAND < 100$	درصد	$PLAND = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ij}}{100}$	PLAND	پوشش سیمای سرزمین	
$0 < LPI < 100$	درصد	$LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij})}{A} (100)$	LPI	بزرگ‌ترین لکه	
$0 \leq AI \leq 100$	درصد	$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max(g_{ii})} \right] (100)$	AI	تجمع	
$0 \leq PLADJ \leq 100$	درصد	$PLADJ = \left[\frac{\sum_{i=1}^m g_{ii}}{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m g_{ik}} \right] (100)$	PLADJ	انسجام	
$0 \leq COHESION \leq 100$	درصد	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{z}} \right] (100)$	COHESION	پیوستگی	
$0 \leq SIEI \leq 1$	ندارد	$SIEI = \frac{1 - \sum_{i=1}^m p_i^2}{1 - \left(\frac{1}{m}\right)}$	SIEI	یکنواختی سیمپسون	سیمای
$0 \leq SIDI \leq 1$	ندارد	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$	SIDI	تنوع سیمپسون	

مأخذ: نگارندگان

یکی از مسائل در امر استفاده از این سنج‌ها، انتخاب سنج مناسب از میان تعدد سنج‌ها است. تصاویر استفاده شده برای استخراج کلاس‌های پوشش زمین، از تصاویر ماهواره لندست استفاده شده است که این تصاویر به دلیل توان تفکیک طیفی و مکانی بسیار مناسب برای مطالعات تغییرات پوشش زمین و همچنین قابلیت دسترسی آسان‌تر این تصاویر، در این پژوهش استفاده شده است. جزئیات تصاویر مورد استفاده برای استخراج کلاس‌های پوشش زمین در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: تصاویر استفاده شده برای استخراج کلاس‌های پوشش زمین

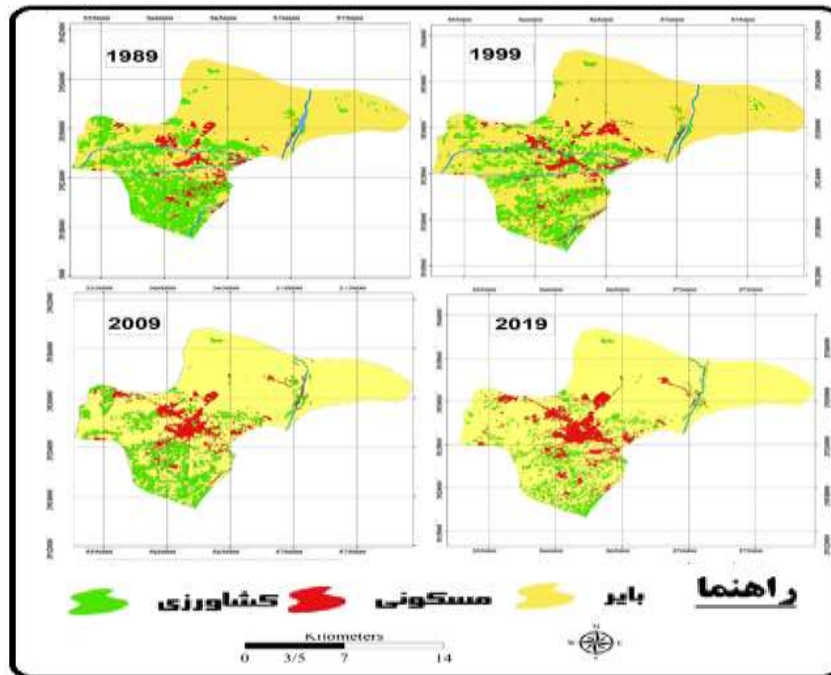
نام ماهواره	سنجنده	تاریخ	ساعت
LANDSAT_8	OLI_TIRS	۲۰۱۹/۶/۱۹	۰۷:۰۸:۳۰
LANDSAT_7	ETM	۲۰۰۹/۶/۱۳	۰۶:۱۵:۵۸
LANDSAT_5	TM	۱۹۹۹/۵/۵	۰۶:۴۶:۴۵
LANDSAT_5	TM	۱۹۸۹/۶/۱۰	۰۶:۳۶:۱۱

مأخذ: نگارندگان

سپس با استفاده از شاخص‌های فرآیندهای مکانی تغییر در منطقه مورد مطالعه در طی بازه زمانی ۱۹۸۹ - ۲۰۱۹ مورد بررسی قرار گرفت.

بحث و یافته‌ها

در ابتدا نقشه کاربری اراضی ۳ طبقه بایر، کشاورزی، مسکونی تهیه گردید (شکل ۲).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۱۹

شکل ۲ نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۹ م را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۴ مساحت مناطق مسکونی در سال ۱۹۸۹ برابر با ۱۲۲۰/۳۱ هکتار بوده است که در حدود ۷/۱ درصد منطقه را در بر گرفته است. در حالی این میزان در سال ۱۹۹۹ برابر با ۱۸۷۸/۳۹ هکتار (۱۲/۲ درصد) در سال ۲۰۰۹ برابر با ۲۴۰۶/۳۷ هکتار (۱۵/۷) و در سال ۲۹۸۴/۷۹ هکتار (۱۹/۵ درصد) می‌باشد. مساحت اراضی کشاورزی در سال ۱۹۸۹ برابر با ۳۶۵۶/۱۶ هکتار (۲۲/۲ درصد)، در سال ۱۹۹۹ برابر ۳۰۳۹/۱۲ هکتار (۱۹/۲ درصد)، در سال ۲۰۰۹ برابر با ۲۴۲۶/۸۸ هکتار (۱۵/۹ درصد) و در سال ۲۰۱۹ برابر با ۱۰۴۲/۲۴ هکتار (۷ درصد) از منطقه را در بر گرفته است. اراضی بایر در سال ۱۹۸۹ برابر با ۱۰۳۳۰/۱ هکتار (۶۰/۲ درصد)، در سال ۱۹۹۹ برابر با ۱۰۶۳۵/۶۹ هکتار (۶۸/۲ درصد)، در سال ۲۰۰۹ برابر با ۱۰۴۳۳/۳۴ هکتار (۶۸/۲ درصد) و در سال ۲۰۱۹ برابر با ۱۱۲۵۱/۷ هکتار (۷۳/۴ درصد) منطقه را در بر گرفته است. اراضی آبی در سال ۱۹۸۹ برابر با ۹۹/۳۷ هکتار

(۰/۵ درصد)، در سال ۱۹۹۹ برابر با ۸۱/۸۰ هکتار (۰/۴ درصد)، در سال ۲۰۰۹ برابر ۳۸/۴۱ هکتار (۰/۲ درصد) و در سال ۲۰۱۹ برابر ۲۶/۶ هکتار (۰/۱ درصد) از مساحت منطقه را در بر گرفته است.

جدول ۳ نتایج محاسبه سنج‌ها در سطح سیمای سرزمین در طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۹ در پاکدشت را نشان می‌دهد. مطابق با پارامترهای به دست آمده از نرم‌افزار، Fragstats می‌توان استنباط کرد میزان ارزش CA همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در کلاس‌ها بدین گونه است که میزان مساحت مناطق مسکونی در طی این مقطع زمانی افزایش داشته است و بر مساحت مناطق مسکونی افزوده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین مساحت منطقه متعلق به کاربری بایر می‌باشد.

شاخص شکل سیمای سرزمین LSI در هر دو کلاس مسکونی و کشاورزی افزایش داشته است؛ اما این افزایش در هر کلاس توأم با بی‌نظمی بوده است. بررسی مقادیر مربوط به این شاخص نشان می‌دهد این شاخص در کلاس‌های مسکونی و کشاورزی در سال ۲۰۱۹ بیشترین مقدار را داشته است و از نظر هندسی بیشترین مقدار بی‌نظمی و پیچیدگی را داشته است. در حالی که در کاربری بایر این مقدار تغییر نکرده است و حتی در طی سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ روندی کاهشی داشته است.

جدول ۳: نتایج محاسبه سنج‌ها در سطح کلاس در طی بازه زمانی ۱۹۸۹-۲۰۱۹

سال	کاربری	PLADJ	COHESION	LII	LI	LSI	PLAND	CA
۱۹۸۹	بایر	۹۵/۶	۹۹/۹	۹۵/۳	۹۵/۹	۱۴/۶	۶۶/۸	۱۰۳۱۰/۲
	مسکونی	۸۹/۴	۹۶	۷۳/۱	۹۰/۰	۱۵/۲	۷/۸	۱۸۷۸/۳
	کشاورزی	۹۰/۴	۹۶/۴	۵۶/۶	۹۰/۸	۱۸/۱	۲۰/۹	۳۲۳۹/۵
۱۹۹۹	بایر	۹۶/۷	۹۹/۸	۸۹/۸	۹۷	۱۱/۲	۶۸/۲	۱۰۶۳۴/۹
	مسکونی	۸۹/۷	۹۵/۸	۵۸/۹	۹۰/۵	۱۱/۹	۱۲/۱	۲۲۲۹/۱
	کشاورزی	۸۵/۳	۹۸/۵	۴۵/۵	۸۳/۵	۱۳/۸	۱۷/۸	۲۷۱۵/۷
۲۰۰۹	بایر	۹۵/۸	۹۹/۸	۸۸	۹۶/۱	۱۴/۲	۶۸/۷	۱۰۶۶۲/۲
	مسکونی	۹۰/۷	۹۶/۸	۷۰/۲	۸۶/۲	۲۴/۶	۱۴/۳	۲۶۹۰/۹
	کشاورزی	۸۱/۴	۹۶/۶	۶۰/۲	۸۱/۸	۱۵/۹	۱۳/۸	۲۱۵۰/۶
۲۰۱۹	بایر	۹۳/۵	۹۹/۹	۹۶/۳	۹۸/۱	۱۴/۶	۷۸/۸	۱۱۱۴۱/۸
	مسکونی	۹۲/۴	۹۹/۲	۷۱/۶	۹۳/۷	۲۰/۴	۱۷/۳	۳۲۰۶/۳
	کشاورزی	۷۶/۳	۹۵/۲	۶۵/۳	۷۰/۲	۲۱/۱	۶/۷	۱۰۴۲/۲

مآخذ: نگارندگان

شاخص پراکندگی (III) در کاربری شهری و بایر تفاوت معناداری ندارد و تا حدودی روندی کاهشی داشته است که بیانگر کاهش پراکندگی این دو کلاس در طی بازه زمانی مورد مطالعه است. در حالی که در کلاس کشاورزی این شاخص افزایش داشته است که بیانگر افزایش پراکندگی این کاربری می‌باشد.

سه سنجه پیوستگی (COHESION)، انسجام (PLAD) و شاخص تجمع (AI) برای نشان دادن بعد فشردگی به کار می‌روند. شاخص‌های فشردگی علاوه بر اینکه شکل لکه را اندازه‌گیری می‌کنند، میزان پراکندگی و چندپارگی سیمای سرزمین را هم نشان می‌دهند. در هر سه سنجه، مقادیر کاربری بایر تفاوت معنادار مشاهده نمی‌شود. در کاربری مسکونی در طی مقطع زمانی ۱۹۸۹-۱۹۹۹ تفاوتی وجود ندارد در حالی که در طی دوره دوم و سوم میزان پیوستگی افزایش یافته است. در حالی که در کاربری کشاورزی مقادیر این سنجه روند کاهشی داشته است که بیانگر کاهش پیوستگی این کاربری می‌باشد.

تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین

محاسبه سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین بدین معناست که کل منطقه مورد مطالعه به صورت یکپارچه بوده و به طبقات مختلف تقسیم‌بندی نشده است (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۴-۲۰۶). جدول ۴ مقادیر کمی سنجه‌ها در مقیاس سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. برای تهیه برخی از سنجه‌ها به صورت کیفی از نرم‌افزار TerrSat استفاده شد؛ که از سه شاخص سنجه تنوع شانون (SHDI)^۶، یکنواختی سیمپسون (SIEI)، تنوع سیمپسون (SIDI)، استفاده شده است.

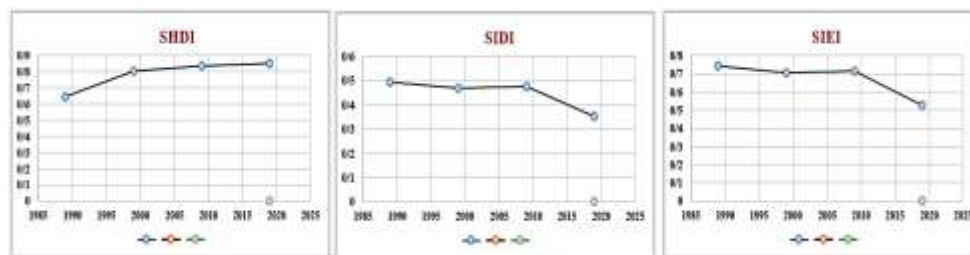
جدول ۴: نتایج سنجه‌های سیمای سرزمین

سال	SIEI	SIDI	SHDI
۱۹۸۹	۰/۷۴۱	۰/۴۹۴	۰/۶۴۷
۱۹۹۹	۰/۷۰۶	۰/۴۷۰	۰/۸۰۲
۲۰۰۹	۰/۷۱۶	۰/۴۷۷	۰/۸۳۵
۲۰۱۹	۰/۵۲۸	۰/۳۵۲	۰/۸۵۳

مأخذ: نگارندگان

بر اساس جدول ۴ شاخص تنوع شانون (SHDI) از ۰/۶۴۷ به ۰/۸۵۳ رسیده است که بیانگر تغییر کاربری‌های مختلفی در منطقه می‌باشد. همچنین شاخص تنوع سیمپسون (SIDI) نیز از ۰/۴۹۴ به ۰/۳۵۲ در سال ۲۰۱۹ رسیده است. شاخص یکنواختی سیمپسون (SIEI) از ۰/۷۴۱ به ۰/۵۲۸ در سال ۲۰۱۹ رسیده است این کاهش به خصوص در مقطع زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ رخ داده است که بیانگر کاهش یکنواختی در منطقه می‌باشد (شکل ۳).

⁶- Shannon's Diversity Index



مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: نمودار سنج‌ها در سطح سیمای سرزمین در منطقه پاکدشت

در مرحله بعد برای شناسایی میزان تغییرات فرآیندهای مکانی از نرم‌افزار TerrSat استفاده شده است. جدول ۵ توصیف شاخص‌های فرآیندهای مکانی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده در منطقه مورد مطالعه در سیمای سرزمین در طی بازه زمانی ۱۹۸۹-۱۹۹۹ دارای Aggregation, Dissection و Creation است؛ که بیشترین مساحت با شاخص Creation تعداد و مساحت لکه‌ها در حال افزایش است که البته این منطقه با کلاس مناطق شهری مطابقت دارد. شاخص Aggregation تعداد لکه‌ها در حال کاهش بوده ولی مساحت آن‌ها ثابت باقی‌مانده یا افزایش می‌یابد که با مناطق بایر مطابقت دارد؛ و شاخص Dissection تعداد لکه‌ها افزایش یافته در حالی که مساحت آن‌ها کاهش می‌یابد با اراضی کشاورزی در منطقه مطابقت دارد. در طی بازه زمانی ۱۹۹۹-۲۰۰۹ منطقه مورد مطالعه در سیمای سرزمین دارای Aggregation, Creation و Dissection است؛ که بیشترین مساحت با شاخص Creation (تعداد و مساحت لکه‌ها در حال افزایش است) که البته این منطقه با کلاس مناطق شهری مطابقت دارد. این مسئله بیانگر توسعه فیزیکی شهر پاکدشت می‌باشد.

جدول ۵: توصیف شاخص‌های فرآیندهای مکانی تغییر

شکل	توضیح	نام انگلیسی
	تعداد لکه‌ها در حال کاهش بوده ولی مساحت آن‌ها ثابت باقی‌مانده یا افزایش می‌یابد	Aggregation
	تعداد و مساحت لکه‌ها در حال کاهش است.	Attrition
	تعداد و مساحت لکه‌ها در حال افزایش است.	Creation
	شکل و فرم در حال تغییر است.	Deformation
	تعداد لکه‌ها افزایش یافته در حالی که مساحت آن‌ها کاهش می‌یابد.	Dissection
	تعداد لکه‌ها ثابت بوده ولی مساحت آن‌ها در حال افزایش است.	Enlargement
	تعداد لکه‌ها افزایش و مساحت شدیداً کاهش یافته	Fragmentation
	تعداد لکه‌ها ثابت بوده ولی مساحت آن‌ها در حال کاهش است.	Perforation
	موقعیت مکانی در حال تغییر است.	Shift
	مساحت و محیط در حال کاهش بوده ولی تعداد لکه‌ها ثابت است.	Shrinkage

مأخذ: مختاری و سیاح نیا، ۱۳۹۶

جدول ۶: مساحت شاخص‌های فرآیندهای مکانی تغییر در مناطق مورد مطالعه در طی بازه زمانی ۱۹۹۸ - ۲۰۱۸

بازه زمانی	نوع شاخص	مساحت (هکتار)
۱۹۹۹-۱۹۸۹	Attrition	۱۷۲۳۲
	Creation	۴۵۵۴
	Dissection	۷۸۲۷/۲
۱۹۹۹-۲۰۰۹	Creation	۴۳۷۲/۷
	Aggregation	۱۳۶۲/۵
	Shift	۲۱۲
	Dissection	۱۸۵۹
۲۰۰۹-۲۰۱۹	Attrition	۱۴۸۶۳/۳
	Aggregation	۳۸۰۶/۲
	Dissection	۵۱۰۲/۶

مأخذ: نگارندگان

جدول ۶ مساحت شاخص‌های فرآیندهای مکانی تغییر در مناطق مورد مطالعه در طی بازه زمانی ۱۹۹۸ - ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. شاخص Shift نیز با مناطق شهری مطابقت دارد. شاخص Dissection تعداد لکه‌ها در حال افزایش بوده ولی مساحت آن‌ها کاهش می‌یابد که با مناطق کشاورزی مطابقت دارد و نشانگر خرد شدگی اراضی کشاورزی است و شاخص تعداد لکه‌ها افزایش یافته در حالی که مساحت آن‌ها کاهش می‌یابد با اراضی کشاورزی در منطقه مطابقت دارد. شاخص Aggregation که با مناطق بایر مطابقت دارد که بیانگر افزایش تعداد لکه‌ها می‌باشد در حالی که میزان مساحت آن ثابت است. این مسئله بیانگر این می‌باشد میزان خردشدگی و گسستگی در زمین‌های بایر روندی افزایش داشته است. در بازه زمانی ۲۰۰۹-۲۰۱۹ شاخص Attrition, Aggregation, و Dissection به چشم می‌خورند. شاخص Attrition با اراضی بایر منطقه و شاخص Aggregation با کاربری و مناطق مسکونی مطابقت دارند؛ و شاخص Dissection با اراضی کشاورزی مطابقت دارد.

به لحاظ مکانی بیشتر تغییرات کاربری مسکونی با توجه به شکل ۲ عمدتاً در مرکز منطقه و در امتداد جاده تهران - مشهد است. با توجه به ترانزیتی بودن این جاده، مناطق مسکونی در امتداد این جاده شکل گرفته‌اند. همین امر سبب از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و بایر در منطقه شده است. با توجه به شکل ۲ در سال ۱۹۸۹ عمده منطقه از قسمت مرکز به سمت جنوب را زمین‌های کشاورزی در بر گرفته بود اما در بازه زمانی مورد مطالعه این زمین‌ها یا به اراضی مسکونی یا به اراضی بایر تبدیل شده‌اند. این مسئله به دلیل رخ داده است. یکی به دلیل گسترش و توسعه فضاهای مسکونی و دوم به دلیل خشک‌سالی‌های متعدد و کاهش منابع آبی در منطقه می‌باشد. در پی سدسازهای که در طی دو دهه گذشته بر روی رودخانه جاجرود صورت گرفته است و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی بیشتر زمین‌های کشاورزی خشک شده‌اند. همان‌طور که بر روی شکل ۲ مشخص است و حجم اراضی کشاورزی در منطقه بسیار کاهش یافته است و عمده این اراضی در حال حاضر در قسمت جنوب و جنوب شرق منطقه به صورت پراکنده و گسسته مشاهده می‌شود. همچنین عمده

تغییرات مکانی اراضی بایر در قسمت جنوب غرب منطقه است. این اراضی در گذشته همان طور که پیش‌تر ذکر جزء اراضی کشاورزی محسوب می‌شدند که در حال حاضر به صورت بایر می‌باشند.

نتیجه‌گیری

گام‌های نهایی پژوهش، از اصلی‌ترین و بنیادی‌ترین مراحل انجام آن می‌باشند. تجزیه و تحلیل دقیق و نتیجه‌گیری درست از داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده، به این دلیل که مبنایی برای برنامه‌ریزی‌های آتی در سازمان‌ها، مراکز دانشگاهی و یا جامعه مورد پژوهش می‌باشند، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. در واقع نتایج به دست آمده، باید آن چنان مستند و قابل تشریح باشند که جامعه مورد پژوهش به درستی آن‌ها اعتماد داشته تا برای اصلاح نواقص و کاستی‌ها با توجه به نتیجه‌های به دست آمده، برنامه‌ریزی جامعی انجام داده و به نتیجه‌های قابل پیش‌بینی دست یابند. کسب اطلاعات در مورد عملکردهای سرزمین و کنش و واکنش‌های بین کاربری‌ها، لازمه برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار عرصه‌های طبیعی است. پیچیدگی‌های الگوهای منظر و ضرورت کمی‌سازی و تحلیل آن‌ها سبب گسترش سنج‌های گوناگونی شده است. در این پژوهش از سنج‌های مختلف سیمای سرزمین در این راستا استفاده شد و نتایج حاصل از سنج‌های مساحت کل، درصد از سیمای سرزمین، نتایج نشان داد که زمین‌های بایر بیشترین سهم را از منظر منطقه دارد. به عبارتی با توجه به نقشه کاربری به دست در طی بازه زمانی مورد منظر اصلی در قسمت شمال منطقه اراضی بایر و در قسمت‌های جنوبی زمین‌های کشاورزی و در مرکز منطقه مناطق مسکونی است. در همه کاربری‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه خردشدگی و گسستگی مشاهده می‌شود که بیشتر این خردشدگی و گسستگی متعلق به زمین‌های کشاورزی می‌باشد کمترین میزان خردشدگی و گسستگی متعلق به کلاس مسکونی بوده است؛ که با نتایج پژوهش میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) و محمدی جو و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت داشته است.

شاخص شکل سیمای سرزمین در هر دو کلاس مسکونی و کشاورزی افزایش داشته است؛ اما این افزایش در هر کلاس توأم با بی‌نظمی بوده است. بزرگ‌ترین لکه بیان‌کننده میزان غلبه طبقه و نشان‌دهنده تخریب یکپارچگی پوشش اراضی است که در اینجا کاهش این سنج در کلاس کشاورزی نشان‌دهنده تخریب در این کلاس به دلیل افزایش شهرنشینی است. شاخص پراکندگی (IJI) در کاربری شهری و بایر تفاوت معناداری ندارد و تا حدودی روندی کاهشی داشته است که بیانگر کاهش پراکندگی این دو کلاس در طی بازه زمانی مورد مطالعه می‌باشد. در حالی که در کلاس کشاورزی این شاخص افزایش داشته است که بیانگر افزایش پراکندگی این کاربری می‌باشد.

نتایج شاخص تنوع شانون بیانگر تغییر کاربری‌های مختلفی در منطقه است، در حالی که نتایج شاخص تنوع سیمپسون شاخص یکنواختی سیمپسون بیانگر کاهش یکنواختی در منطقه می‌باشد. در مجموع نتایج به دست آمده نشان‌دهنده کارایی سنج‌های مورد استفاده در تحلیل وضعیت فعلی کاربری‌ها در منطقه است و که می‌توان از آن‌ها برای آشکارسازی و تحلیل هرچه بهتر تغییرپذیری‌های سرزمین استفاده کرد.

منابع

- ۱- رضایی، ف، فلاحتکار، س، داداش‌پور، ه، (۱۳۹۶): تغییرات فضایی- زمانی شکل شهرهای ساحلی و غیر ساحلی استان مازندران با به‌کارگیری سنج‌های سیمای سرزمین، مجله آمایش سرزمین، دوره نهم، شماره اول، صص ۵۷-۷۹
 - ۲- فجر، س، ایلانلو، م، (۱۳۹۸): ارزیابی تغییرات فضایی- زمانی شکل شهرهای ساحلی استان خوزستان با به‌کارگیری سنج‌های سیمای سرزمین، مجله مخاطرات محیطی، دوره ۸، شماره ۳۱، صص ۱۸۴-۱۶۷.
 - ۳- کریمی‌فیروزجایی، م، کیاورز، م، کلانتری، م، (۱۳۹۷): پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و گسترش فیزیکی شهر بابل در دوره زمانی ۱۳۶۴-۱۴۱۹ با استفاده از تصاویر چند زمانه لندست، سال سوم، شماره ۷، ۱۳۹۷، صص ۲۳
 - ۴- میرزایی، م، ریاحی بختیاری، ع، سلمان ماهینی، ع، فرژ مهدی، غ (۱۳۹۲): بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۳، اکولوژی کاربردی، سال دوم، شماره ۴، صص ۳۷-۵۴
 - ۵- محمدی جو، غ، جعفر زاده، ک، دشتی، س، یوسفی خانقاه، ش، بزم‌آرا بلشتی، م، (۱۳۹۶): آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان قائم‌شهر)، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره نوزدهم، شماره ۳، صص ۱۴۴-۱۶۰
 - ۶- نوحه‌گر، ا، جباریان امیری، ا، افراخته، ر، (۱۳۹۴): تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین، مجله جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۱۵، صص ۲۱۴-۱۹۷
- 7- Alberti, O.H. Tope-Ajayi, O.O. And Abegunde, O.L. (2015): Assessing Andpredicting Changes In The Status Of Gambari Forest Reserve, Nigeria Using Remote Sensing And GIS Techniques. Journal Of Geographic Information System, 7, 301-318.
 - 8- Davidson, M, (2013): The Study Of Spatial Distiribution Of Changes In The Northern Forests. [Http://Www.GIS Development. Nat/Aplication/Nrm/Overview P: 1-2](http://Www.GIS Development. Nat/Aplication/Nrm/Overview P: 1-2).
 - 9- Hao.F. A.Lausch. (2001): Supplementing Land-Use Statistics With Landscape Metrics:Some Methodological Consideration, Environmental Monitoring And Assessment, Vol. 72, No. 1, Pp. 37-45.
 - 10- Hassan, M. (2017): Monitoring Land Use/Land Cover Change, Urban Growth Dynamics And Landscape Pattern Analysis In Five Fastest Urbanized Cities In Bangladesh.Journal Remote Sensing Applications: Society And Environment, Vol 14, No 7, Pp. 69-83.
 - 11- Herold,Martin,Couclelis,Helen, Clarke, Keithc, (2005): The Role Of Spatial Metrics In The Analysis And Modeling Of Urban Landuse Change, Computers Environment & Urban Systems 29, Pp: 369-399, 2005.
 - 12- Huang, Y, Piling Sun, G, Zhou, C, Liu, L, Lu, Y, Xiang, H, (2019): Land Use/Land Cover Changes And Its Impact On Ecosystem Services In Ecologically Fragile Zone: A Case Study Of Zhangjiakou City, Hebei Province, China, Ecological Indicators, Vol 104, No 3, Pp. 604-614.
 - 13- Kelly. N, Yang. B, Wang, G, (2011), Monitoring And Predicting Land Use Change In Beijing Using Remote Sensing And GIS. Landsc Urban Plan 2006; 78:322-33.
 - 14- Kumar, R. Krummel, J. Gardner, R. Sugihara, G. Jackson, B. De Angelis, D. Milne, B. Turner, M. Zygmunt, B. Christensen, S. Dale, V. & Graham, R. (2018): Indices Of Landscape Pattern. Landscape Ecology, 1, 153-162.
 - 15- Lausch, B.A, Herzog,S, (2002): "Remote Sensing Image-Based Analysis Of The Relationship Between Urban Heat Island And Use/Cover Changes" Remote Sensing Of Environment,104,133-149.
 - 16- Lin, H. Inohae, T. Su, W. Nagaie, T. Hokao, K. (2019): Modeling Urban Land Use Change By The Integration Of Cellular Automaton And Markov Model. Ecological Modelling 222: 3761- 3772.
 - 17- Mc Garigal, K. Et Al. (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>

- 18- Miller, A.S, Brewer, T (2018): Idrisi Andes. Guide To GIS And Image Processing.
- 19- Sisodia, P. S. Tiwari, V. & Dahiya, A. K. (2016): Urban Sprawl Monitoring Using Remote Sensing And GIS Techniques Of The City Jaipur India. International Journal Of Applied Geospatial Research (IJAGR), Vol 7, No 3, Pp. 93-104
- 20- Tagliaferro, M, Ioannis. I, Athanassios. S, (2013): Selecting Landscape Metrics As Indicators Of Spatial Heterogeneity A Comparison Among Greek Landscapes, Journal International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation, Vol 25, 310-325.
- 21- Zhang. S.A, Nilson, P, Herzog, S, (2004): Analysis on spatial Structure Of Landuse Change Based On Remote Sensing And Geographical Information System, Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation, 12s, Pp: 145-150,2010
- 22- Zhang, S, Miller, F & Zhong, (2019): Trends In Arid Yinchuan Plain, China. Mathematical And Computer Modelling.