

## ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا و مدل زنجیره مارکوف (مورد مطالعه: شهر بیرجند و پیرامون آن)

سعید حسین‌آبادی - استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه بزرگمهر قاننات، قانن، ایران.  
ابراهیم اکبری<sup>۱</sup> - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.  
افسانه نقد پیشی - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۶/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۱۹

### چکیده

برای استفاده بهینه از زمین، آگاهی از تغییرات کاربری اراضی و نوع استفاده از آن ضروری است؛ که این امر با ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی امکان‌پذیر می‌گردد. مقاله حاضر به ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهر بیرجند با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره‌ای در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ و پیش‌بینی تغییرات آن‌ها تا سال ۱۴۰۴ پرداخته‌است. تحقیق حاضر به لحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است. در این نوشتار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده ETM و OLI و روش طبقه‌بندی شی‌گرا به طبقه‌بندی کاربری‌ها در بازه زمانی پرداخته‌شده‌است. در ادامه به منظور ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی (محدوده‌های ساخته شده، باغات و اراضی کشاورزی، اراضی بایر و مراتع) از مدل زنجیره مارکوف استفاده شده است. بر اساس مدل زنجیره مارکوف طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ مساحت محدوده ساخته‌شده، کشاورزی و باغات افزایش یافته است و از مساحت اراضی بایر و مراتع کاسته شده است. تغییرات مساحت کاربری‌ها در سال ۱۴۰۴ نسبت به ۱۳۹۶ نیز به همین صورت است. بیش‌ترین تغییرات مربوط به کاربری محدوده ساخته‌شده است؛ به طوری که تا سال ۱۴۰۴ مساحت محدوده ساخته شده ۱۷/۱۳ درصد، کاربری باغات و کشاورزی ۹/۸ درصد، افزایش و در مقابل مساحت اراضی بایر ۱/۸۱ درصد و مساحت مراتع ۲/۳۲ درصد کاهش خواهد یافت.

کلیدواژه‌ها: تغییرات کاربری اراضی، طبقه‌بندی شی‌گرا، زنجیره مارکوف، بیرجند.

## ۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مفاهیم در برنامه‌ریزی و مدیریت زمین، اصطلاح پوشش و کاربری زمین است. اصطلاح پوشش زمین<sup>۱</sup> و کاربری زمین<sup>۲</sup> اغلب گیج‌کننده است. طبق تعریف فائو (۱۹۹۷ و ۱۹۹۹) و Unep (۱۹۹۹) پوشش زمین «پوشش فیزیکی و بیولوژیکی سطح زمین، به‌عنوان پوشش گیاهی و یا ویژگی‌های انسان‌ساخت است» در مقابل، کاربری زمین «مجموع تدارکات، فعالیت‌ها و ورودی‌هایی است که مردم در نوع پوشش خاص زمین انجام می‌دهند» (WWW.grida.no).

گسترش جهانی شهرنشینی باعث ایجاد انگیزه برای تبدیل فضاهاى سبز و طبیعى به مناطق شهری / انسان‌ساخت شده است (باگنان، یاماگاتا<sup>۳</sup>، ۲۰۱۴). تقاضای روزافزون برای زمین و مسکن از یک طرف و محدودیت اراضی در محدوده شهرها از طرف دیگر، ساکنان را برای یافتن مکان جایگزین سکونت به مناطق پیرامونی تحت فشار قرار می‌دهد. این امر با فرآیند تبدیل زمین از فضای سبز به منطقه ساخته شده همراه است و در نتیجه تبدیل و تغییر پوشش و کاربری زمین در منطقه پیرامونی شهرها به‌طور فزاینده‌ای گسترش می‌یابد (کاهیا و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۸). این تغییرات ممکن است در زمین‌های زراعی و باغات صورت پذیرد و یا مراتع و جنگل‌ها و دامنه‌های کم‌ویش شیب‌دار کوه‌ها و تپه‌ها را در برگیرد. (قادرمزی<sup>۵</sup>، ۱۳۸۳). در تعریف تغییر کاربری زمین می‌توان آن را فرایندی دانست که طی آن فعالیت‌های انسانی چشم‌انداز طبیعی را دگرگون می‌سازد و معمولاً بر نقش عملکردی زمین برای فعالیت‌های اقتصادی اشاره دارد. تغییرات کاربری زمین اغلب غیرخطی است و مواد و روش ممکن است بازخوردهایی برای سیستم داشته باشد بر شرایط زندگی فشار وارد کند و زندگی افراد آسیب‌پذیر را تهدید نماید (پائول<sup>۶</sup>، ۲۰۱۷).

تغییرات کاربری اراضی بر طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی مانند کیفیت آب، منابع زمینی و هوایی، فرآیندها و توابع اکوسیستم‌ها و سیستم‌های آب‌وهوایی تأثیرگذار است (شنانی هویزه و زارعی<sup>۷</sup>، ۱۳۹۵) برای مثال تغییر کاربری زمین، بر خواص خاک نیز تأثیر منفی می‌گذارد (اسکلو<sup>۶</sup>، ۲۰۱۸). از طرف دیگر همراه با انتشار کربن (C) در قالب دی‌اکسید کربن، منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای است که به تغییر آب‌وهوا منجر می‌شود (رازافیندراکاتو و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۱۸).

بنابراین درک دقیق از پویایی تغییرات شهرنشینی که موجب تغییر سطح پوشش زمین در مناطق شهری شده؛ برای مقابله با تغییرات محیطی و تسهیل پایداری ضروری است. این امر به ویژه به دلیل آن است که اکثر مناطق شهری

1 Land cover

2 Land use

3 Bagan &amp; Yamagata

4 Cahya et al, 2018

5 Paul

6 Escolano

7 Razafindrakoto

جهان طی سال‌های متمادی تغییرات قابل توجهی در پوشش زمین را تجربه کرده‌اند. علاوه بر این، این مناطق شهری بیشتر انرژی جهانی را مصرف می‌کنند و باعث ایجاد مشکلات جدی زیست‌محیطی و تخریب اکوسیستم‌ها از طریق آلودگی هوا، آب و زمین می‌شوند (پاترا و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۸)

در همین راستا تشخیص به موقع و دقیق این نوع تغییرات، پایه و اساس درک بهتر روابط و تعاملات میان انسان و پدیده‌های طبیعی است و در نتیجه مدیریت بهتر و استفاده مناسب‌تر از منابع طبیعی را فراهم می‌کند. (شنایی هویزه و زارعی، ۱۳۹۵)؛ بنابراین یکی از مخاطرات محیطی و بحران‌های اکولوژیکی که امروزه جهان با آن روبرو است پدیده تغییر کاربری اراضی است. (موسوی و همکاران، ۱۳۹۵) و به دلیل پیامدهای گسترده تغییر کاربری زمین، آینده برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری بیشتر تحت تسلط زمینه‌های پایداری محیطی خواهد بود تا رفاه اقتصادی (استارک و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۸). با توجه به اهمیت فرایند تغییر کاربری اراضی، نیاز به برآورد نرخ و میزان تغییرات کاربری / پوشش اراضی در منطقه و محرک‌های اصلی این تغییرات ضروری است. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک‌های سنجش‌ازدور ابزارهای مؤثری در مطالعه و نظارت بر تغییر کاربری اراضی / پوشش سطح زمین در فضا و زمان ارائه می‌دهند (آدائه و اوپلت<sup>۳</sup>، ۲۰۱۹). به‌طور کلی طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی آن‌ها که دارای رفتار طیفی یکسانی است، گفته می‌شود. به عبارتی دیگر طبقه‌بندی پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصاویر، اختصاص دادن یا معرفی کردن هر یک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاصی را بیان می‌کند. (علوی پناه، ۱۳۸۴) و یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربردی محسوب می‌شود و با استفاده از دو روش امکان‌پذیر است. روش پیکسل پایه که مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصاویر است و روش جدید شیء‌گرا که علاوه بر ارزش‌های عددی از اطلاعات مربوط به محتوا و بافت و زمینه نیز در فرایند طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌نماید (فیضی زاده و حاجی میر رحیمی، ۱۳۸۷)

به عبارت دیگر طبقه‌بندی پیکسل پایه، جداسازی پدیده‌ها براساس بازتاب امواج الکترومغناطیس یا ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها صورت می‌گیرد. در این طبقه‌بندی پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان در یک گروه قرار می‌گیرند و طبقه‌بندی بر اساس ارزش عددی پیکسل‌هاست اما در طبقه‌بندی شیء‌گرا علاوه بر ویژگی‌های طیفی، ویژگی‌های هندسی پدیده‌ها نیز مدنظر قرار می‌گیرد (غفاری و همکاران: ۱۳۹۷). پس از فرایند طبقه‌بندی، هر یک از اشیاء تصویری به یکی (یا هیچ‌کدام) از کلاس‌ها اختصاص می‌یابند (فیضی زاده و حاجی میر رحیمی، ۱۳۸۷). سگمنت یا اشیا به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت)

1 Patraa et al

2 Stürck, et al

3 Addae&Oppelt

مهم‌ترین معیار مشترک آن‌هاست. (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۸۷) از جمله تحقیقات انجام گرفته در این زمینه پردازش شیء‌گرا می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

در این زمینه پژوهش‌های متعددی انجام شده است. دکلی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۶) نیز برای بررسی تغییرات جنگل از روش شیء‌گرا با استفاده از تصویر چند زمانه اسپات در بازه زمانی ۱۰ ساله استفاده کردند. در این روش، تقسیم‌بندی با استفاده از روش ادغام منطقه، اشیاء چندگانه‌ای را بررسی می‌کند که با تفاوت‌های بازتابی و آماری آن‌ها مشخص می‌شود. اشیاء ای که در طول زمان به‌عنوان اشتباه مشخص می‌شوند (مقادیر غیرطبیعی یا همان مقادیر تفاوت‌های بازتابی)، به‌وسیله یک روش آماری به‌عنوان مثال بر اساس آزمون فرضیه کای مربع، شناسایی شده و به‌عنوان تغییر نام‌گذاری می‌شوند (دکلی و همکاران، ۲۰۰۶)

ایم<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند تجزیه و تحلیل همبستگی تصویر بر اساس این واقعیت است که مقادیر روشنایی هر شیء از منطقه جغرافیایی بین داده‌های دو زمان، هنگامی که تغییرات کم رخ می‌دهد و زمان نیز تغییر می‌کند تمایل به همبستگی بسیار زیاد دارد. پنج روش مختلف برای تشخیص تغییرات وجود دارد که شامل (۱) طبقه‌بندی تغییرات مبتنی بر شیء شامل تصاویر مربوط به همبستگی شیء<sup>۳</sup> (OCI)، (۲) طبقه‌بندی تغییرات شیء با استفاده از روابط همسایگی بین تصاویر (NCI)<sup>۴</sup>، (۳) طبقه‌بندی تغییرات شیء بدون ویژگی‌های متنی، (۴) دسته‌بندی تغییر پیکسل و NCI ها و (۵) طبقه‌بندی تغییرات مرسوم در هر پیکسل با استفاده از داده‌های تصویر دو زمان است. نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد رویکرد مبتنی بر شیء‌گرا می‌تواند با تجزیه و تحلیل در پیکسل در مقایسه با بقیه طبقه‌بندی‌های تغییرات بهتر عمل کند (ایم و همکاران، ۲۰۰۸).

ژو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از دو روش طبقه‌بندی مبتنی بر پیکسل و طبقه‌بندی شیء‌گرا تغییرات در پوشش زمین و تغییر در مناطق شهری برای تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت شهری، نظارت بر اکوسیستم و برنامه‌ریزی شهری استفاده کردند. در این بررسی طبقه‌بندی شیء‌گرا بر اساس طبقه‌بندی تصاویر چند زمانه حوضه آبخیز گوانز فالز (مریلند، ایالات متحده آمریکا)<sup>۶</sup> از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۴ برای تشخیص تغییرات زمین مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه پس از طبقه‌بندی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل ما نشان داد که طبقه‌بندی شیء‌گرا ابزار بهتری برای تشخیص تغییرات از روش مبتنی بر پیکسل فراهم می‌کند دقت کلی نقشه تغییرات تولید شده توسط روش مبتنی بر شیء ۹۰٪ بود، (ضریب کاپا ۰٫۸۵۴)، در حالی که دقت کلی و ضریب کاپا آن با روش مبتنی بر پیکسل به ترتیب ۳۸٫۱٪ و ۷۱٫۲٪ بود (ژو و همکاران، ۲۰۰۸).

1 Desclée

2 IM

3 Object Correlation Images (OCIs)

4 Neighbourhood Nonrelation Images (NCIs)

5 Zhou

6 Gwynns Falls watershed (Maryland, USA)

بلاشک<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) تحقیق با تأکید بر تجزیه و تحلیل پیکسل و یا حتی تجزیه و تحلیل زیر پیکسل برای مسیرهای جایگزین را دنبال کرده است، که هدف آن‌ها ایجاد اشیا ساخته شده از چند پیکسل است. این بررسی خلاصه‌ای از توسعه شیوه‌های مبتنی بر شیء را ارائه می‌دهد که هدف آن راحتی اشیا قابل استفاده از تصاویر است در حالی که در عین حال ترکیب تصویر پردازش شده و قابلیت‌های GIS به منظور استفاده از اطلاعات طیفی و متنی در یکپارچه‌سازی مسیر را نیز فراهم می‌کند. رایج‌ترین روش برای ساخت اشیا، تقسیم‌بندی تصویر است و به‌طور کلی نتایج این بررسی نشان می‌دهد الگوهای مبتنی پیکسل شروع به نشان دادن اشکالات و روش‌های OBIA در حال پیشرفت قابل توجهی در زمینه استخراج اطلاعات مکانی صریح هستند (بلاشک، ۲۰۱۰).

درناوا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۱) از تجزیه و تحلیل مبتنی بر شیء گرا برای تشخیص تغییر انواع پوشش‌های عمده تالاب و طبقه‌بندی عدم قطعیت آن‌ها در طول دوره آب کم در دریاچه پویانگ<sup>۳</sup>، چین استفاده کردند. کلاس‌های اولیه آب، ماسه مرطوب<sup>۴</sup>، گیاه و ماسه بر اساس حداکثر مقدار عضویت طبقه‌بندی شده‌اند. دقت طبقه‌بندی فازی به‌عنوان فرکانس‌های مطابقت بین طبقه‌بندی‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد مقدار آستانه فازی در نوامبر ۲۰۰۷ برای ماسه مرطوب نسبت به کلاس‌های دیگر در همه صحنه‌ها همواره بالاتر است کلاس گیاه به‌طور عمده از نوامبر ۲۰۰۷ تا فوریه ۲۰۰۸ کاهش یافت و تنها در ماه فوریه-مارس ۲۰۰۸ قابل ملاحظه است و احتمالاً منعکس‌کننده شرایط فصل رشد و نشان‌دهنده افزایش مقدار بخار آب موجود در هوا در طول دوره مطالعه است که این امر منجر به بارش و رویدادهای هیدرولوژیکی می‌شود. نتایج به‌دست آمده می‌تواند برای هدایت نمونه‌برداری از کلاس‌ها و تجزیه و تحلیل منظر از بالا به پایین در این تالاب استفاده شود (درناوا و همکاران، ۲۰۱۱).

چن<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۲) ظهور تصاویر سنجنش از دور با وضوح بالا در فضاهای مختلف، فرصت‌هایی را برای تحلیل تغییر با تحلیل تصویر مبتنی بر شیء (OBIA<sup>۷</sup>) فراهم می‌کند، به عبارت دیگر، تشخیص تغییرات مبتنی بر شیء (OBCD<sup>۸</sup>) است. در مقایسه با الگوهای تغییر مبتنی بر پیکسل سنتی، تغییرات مبتنی بر شیء توانایی بهبود شناسایی را دارد به‌طور کلی این مقاله به دنبال انگیزه‌های استفاده از تغییرات مبتنی بر شیء نسبت به روش‌های مبتنی بر پیکسل است؛ و به‌طور خاص، تغییرات مبتنی بر شیء روش بهره‌برداری از تصاویر با وضوح بالا فضایی و روش‌های منحصر به فرد ارائه می‌دهد (چن و همکاران، ۲۰۱۲).

1 Blaschke

2 Dronova

3 Poyang

4 mudflat

5 Dronova

6 Chen

7 Object Based Image Analysis

8 Object based Change Detection

راویندر و کاشیک (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با استفاده از تکنیک‌های GIS تغییرات در الگوی کاربری اراضی شهری در شهر کیتال هندوستان را طی یک دوره ۳۶ ساله مورد بررسی قرار داده‌اند. از داده‌ها و نقشه‌های چند منبع برای دستیابی به اهداف استفاده شد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که عوامل بالقوه باعث رشد فیزیکی و تغییر در شهر، طی دوره‌های زمانی مختلف می‌شوند. این مطالعه نشان می‌دهد که در طی سال‌های ۱۹۷۴-۱۹۹۰ مساحت شهر به‌طور قابل توجهی افزایش نیافته است، در حالی که روند پیشرفت شهری با افزایش درجه‌بندی اداری این شهر پس از سال ۱۹۹۰ افزایش یافته است. تأثیر قابل توجه تغییرات کاربری زمین باعث از دست رفتن زمین‌های غنی کشاورزی و آب‌های طبیعی شده است (راویندر و کاشیک، ۲۰۱۴).

یو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶) اطلاعات دقیق در مورد کاربری زمین و پوشش زمین (LULC<sup>۲</sup>) برای نظارت بر اکوسیستم و مطالعات تغییر آب‌وهوا بسیار مهم است. بیشتر روش‌های به‌روزرسانی برای طبقه‌بندی LULC و تجزیه و تحلیل تغییرات، بر اساس پیکسل‌ها هستند در این بررسی یک رویکرد جدید مبتنی بر شیء ارائه شده که به‌روزرسانی را با روش شیء‌گرا مرتبط می‌کند. رویکرد جدید با استفاده از داده‌های TM لندست در سال ۲۰۰۱ و سال ۲۰۰۹ در منطقه شهری پکن<sup>۳</sup> طراحی شد و نتایج آن نشان داد به‌روزرسانی که مبتنی بر روش شیء به‌دست آمده است دقت بالاتری برای تشخیص تغییر، طبقه‌بندی LULC و تجزیه و تحلیل تغییرات نسبت به روش مبتنی بر پیکسل دارد (یو و همکاران، ۲۰۱۶).

آیتال و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله خود اجرای روش یکپارچه LU کاربری زمین، پویایی دمای سطح زمین و الگو برداری شهری برای چهار شهر اصلی پیشنهاد شده است: دهلی، بمبئی، کلکاتا و حیدرآباد از میان چهار شهر، دهلی، پایتخت هند، تغییرات عظیمی در زمینه افزایش سطح آسفالت از ۲۱٫۶۳٪ در سال ۲۰۰۳ به ۳۱٫۵۶٪ در سال ۲۰۱۷ با میانگین افزایش دمای سطح مربوط به ۲۵٫۹۳ درجه سانتیگراد و ۳۶٫۵۱ درجه سانتیگراد نشان داده است و یکی از بدترین شهرها در این رابطه قلمداد می‌شود. پیش بینی LU نشان می‌دهد که امکان جهش ناگهانی و بدون برنامه در حاشیه شهر وجود دارد که مانع از توسعه امکانات اساسی افزایش عدم آسایش حرارتی در بین ساکنان می‌شود. این امر از طریق تجزیه و تحلیل دمای سطح زمین در رابطه با تغییر کاربری اراضی درک شده است، که نشانگر لزوم اجرای استراتژی‌های توسعه پایدار برای جلوگیری از سناریوی معمول تجارت (آیتال و همکاران، ۲۰۱۹).

در تحقیقات داخلی نیز به نمونه‌های متعددی از بررسی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با GIS و سنجش از دور وجود دارد که در ذیل فقط به مواردی که از روش طبقه بندی شیء گرا که در این تحقیق نیز از آن استفاده شده، پرداخته می‌شود.

1 Yu

2 Land Use Land Change

3 Beijing

4 H. Aithal

خلاق (۱۳۸۵) با استفاده از تصاویر TM و ETM+ لندست و بهره‌گیری از روش‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا و پیکسل پایه نقشه آشکارسازی تغییرات ساحل دریای خزر را تهیه نمود. فیضی زاده و حاجی میر رحیمی (۱۳۸۶) از تصاویر TM لندست و HDR ماهواره اسپات استفاده نموده و تغییرات فضای سبز شهر تبریز را با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس تحقیق این مشخص شد که بیش از ۴۶ درصد فضای سبز شهر تبریز در یک دوره زمانی ۱۶ ساله تخریب شده است.

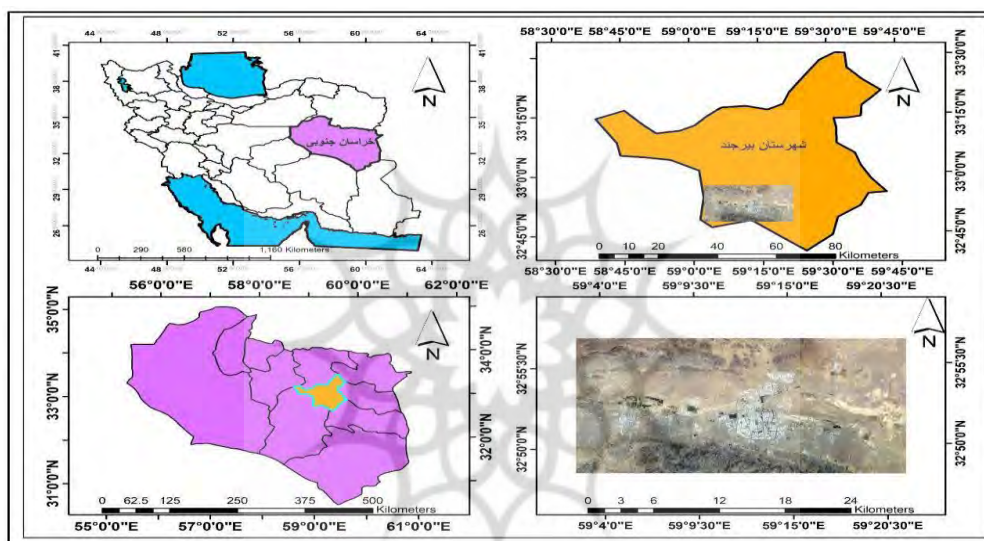
محرمی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و تکنیک‌های شیء‌گرای پردازش تصاویر ماهواره‌ای به تأثیرات پس‌روی دریاچه ارومیه بر روستاهای ساحل شرقی دریاچه ارومیه بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ پرداختند جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای از روش‌های شیء‌گرا استفاده شده و کاربری‌های مورد نظر استخراج گردیدند. در ادامه نیز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف به پیش‌بینی وضعیت آبی در منطقه پرداخته شده است. نتایج نشان‌دهنده افزایش سطح باغات، نمک‌های مرطوب، پهنه‌های گلی-نمکی (خاک‌های نمکی)، اراضی کشاورزی، نمک‌های جدید و کاهش مساحت دریاچه ارومیه در بازه مورد مطالعه است. ارخی (۱۳۹۴) با استفاده از تصاویر آشکارسازی تغییرات پوشش کاربری اراضی منطقه آبدانان در طی دوره زمانی ۲۵ ساله استفاده نموده است. بدین منظور از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا جهت طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر مربوط به سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۶۴ و ۱۳۸۹ برای پایش تغییرات استفاده گردیده است.

غفاری و همکاران (۱۳۹۷) نیز به مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف آباد و چادگان و بررسی تغییر کاربری اراضی در طول دوره آماری با استفاده از تصاویر لندست (TM 1985) و OLI (2015) پرداخته‌اند. طبقه‌بندی کاربری اراضی شامل قطعه‌بندی داده‌های تصویری با استفاده از الگوریتم قطعه‌بندی چندمقیاسه در محیط نرم‌افزار eCognition انجام شده است. سپس این قطعات انتخاب شده و با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه شیء‌گرا طبقه‌بندی شدند. طبقه‌بندی پیکسل پایه نظارت شده شامل انتخاب نمونه‌های تعلیمی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام شد. ارزیابی صحت در هر دو روش انجام شد. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شیء‌گرا با صحت کلی بالای ۹۰ درصد نسبت به طبقه‌بندی پیکسل پایه از دقت بالاتری برخوردار است. نقشه‌های کاربری اراضی نشان داد به ترتیب در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف آباد و چادگان مساحت کاربری مسکونی برابر با ۲,۰۹، ۹,۶۶، ۳,۷۴ درصد افزایش و کاربری مرتعی برابر با ۷,۴۸، ۱۰,۹۴ و ۱۷,۷۳ درصد کاهش در طول دوره مورد مطالعه داشته‌اند. همچنین در دشت چادگان سطح اراضی زراعی و تحت آیش به ترتیب به میزان ۸,۳۱ و ۵,۶۴ درصد افزایش داشته‌اند. در این تحقیق نیز سعی شده است تغییر کاربری اراضی شهر بیرجند با استفاده از دو مدل طبقه‌بندی شیء‌گرا و مدل زنجیره مارکوف بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ مورد تحلیل قرار گیرد و روند آن برای آینده پیش‌بینی گردد.

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

بیرجند شهری در شرق ایران و مرکز شهرستان بیرجند است. این شهر در ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۴۷۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. جمعیت این شهر از ۸۱۷۸۹ نفر در سال ۱۳۶۵ به حدود ۲۰۳۶۳۶ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است. در واقع جمعیت این شهر در این دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵) حدود ۲/۵ برابر شده است. این آمار و ارقام گویای رشد قابل توجه جمعیتی این شهر است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه. منبع: نگارندگان

## ۲-۲- روش‌ها

در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ استفاده شده است که به شرح جدول شماره ۱ است. پس از انجام تصحیح رادیومتریک و هندسی برای کاهش خطاها بر روی تصاویر، محدوده مورد مطالعه را توسط نرم‌افزار ArcGIS از تصاویر اصلی جدا شد.

جدول ۱- تصاویر مورد استفاده

زمان تصویربرداری	سنجنده	ماهواره
1379/6/13 (2000)	ETM	لندست ۷
1389/5/24(2010)	ETM	لندست ۷
1396/6/17(2017)	OLI	لندست ۸

منبع: نگارندگان



برای طبقه‌بندی تصاویر در این پژوهش، از روش شی‌گرا استفاده گردید؛ به دلیل اینکه روش مذکور علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات دیگر پیکسل‌ها (اندازه، شکل، بافت و ...) برای طبقه‌بندی استفاده می‌کند. تصاویر برش خورده برای انجام طبقه‌بندی وارد نرم‌افزار Ecogonation شده است. سگمنت‌سازی مهم‌ترین مرحله در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در Ecogonation است، شی‌های تصویر بر اساس پارامترهایی مانند مقیاس، شکل شیء موردنظر، رنگ، ضریب فشردگی شکل که توسط مفسر تعیین می‌شود ایجاد می‌شوند. در این بررسی برای ساخت سگمنت، پارامتر مقیاس ۱۰، پارامتر رنگ ۰٫۸ و فشردگی ۰٫۱ و شکل ۰٫۴ در نظر گرفته شده است. برای افزایش دقت کلاس‌های طبقه‌بندی برای هر کلاس زیر کلاس‌های دیگری که در انتها با طبقات اصلی ادغام شدند نیز ایجاد شد. نتیجه نهایی سگمنت‌سازی ۴ کلاس کلی شامل اراضی باغ، مرتع، پوشش گیاهی و محدوده ساخته شده است. در این تحقیق تصاویر به ترتیب سال آن‌ها مورد طبقه‌بندی قرار گرفتند که نتایج این طبقه‌بندی‌ها در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده است. پس از طبقه‌بندی تصویر برای ارزیابی دقت روش انجام شده، ماتریس خطا<sup>۱</sup> ایجاد و دقت کلی محاسبه شد. دقت کلی، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت شی‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل شی‌های مرجع را نشان می‌دهد. در این پژوهش، نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی با دقت کلی بیش از ۸۰ درصد و ضریب کاپای بالاتر از ۰٫۸۵ توسط ماتریس خطا محاسبه گردید. این مقادیر نشان می‌دهد طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری زمین با یکدیگر توافق خوبی دارند. جدول ۲ ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

سال	تصویر	شاخص کاپا	دقت کلی
۲۰۰۰	ETM	۰/۸۸	۹۰/۵۴
۲۰۱۰	ETM	۰/۸۹	۹۲/۴۶
۲۰۱۷	OLI	۰/۸۷	۸۹/۶۵

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای

همچنین از مدل زنجیره مارکوف نیز برای پیش‌بینی تغییرات آتی استفاده شده است. زنجیره مارکوف یک روش ریاضی و احتمالاتی است. در واقع مدل زنجیره‌ای مارکوف به صورت یک فرایند تصادفی عمل می‌کند که در آن وضعیت آینده یک پیکسل تنها به وضعیت قبلی آن بستگی دارد و بر اساس آن پیش‌بینی می‌شود. نتیجه مستقیم حاصل از این مدل، ماتریس احتمال انتقال است؛ اما در این مدل هیچ درک جغرافیایی به دست نمی‌آید و در پایان به مدل‌سازی نقشه واحدی که نشان‌دهنده توزیع مکانی کلاس‌ها باشد، تولید نمی‌گردد. برای رفع این مشکل در دهه ۱۹۵۰ مدل

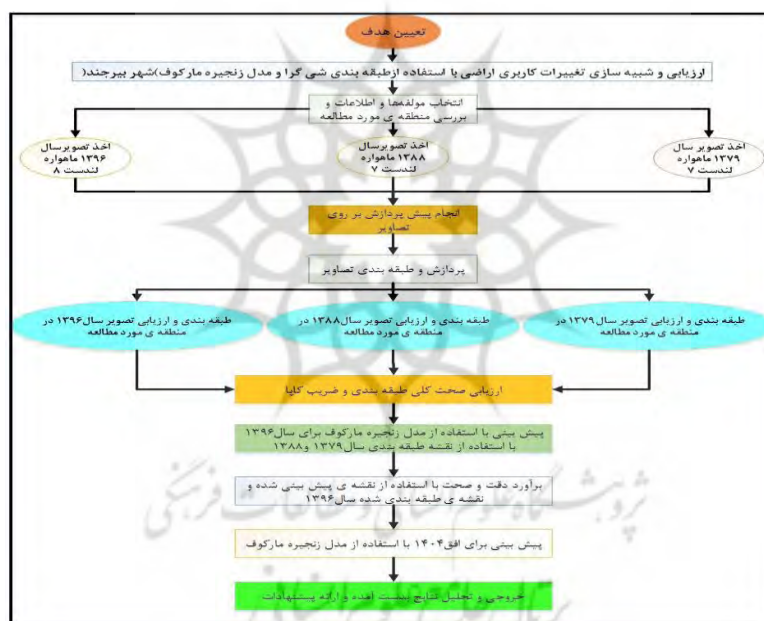
CA مارکوف توسط جان وان نیومن برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل مارکوف طراحی شد (فن و همکاران، ۲۰۰۸).

پیش بینی در مدل مارکوف با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می شود. (فن و همکاران، ۲۰۰۸).

$$S(t+1) = P_{ij} * s(t) \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه؛  $S(t+1)$ ،  $s(t)$  حالت های سیستم در زمان  $t$  و  $t+1$  هستند و  $p_{ij}$  ماتریس احتمال انتقال در یک حالت است که از طریق رابطه ۴ محاسبه می شود.

$$P_{ij} \equiv \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{matrix} \quad \text{رابطه (۴)}$$

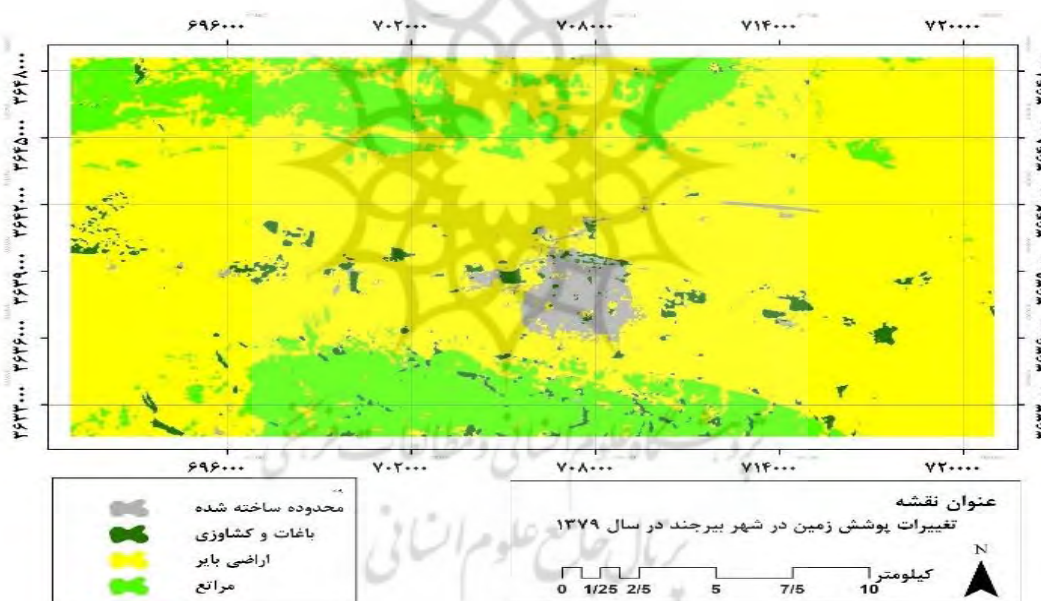


شکل ۲- فلوچارت مراحل تحقیق منبع: نگارندگان

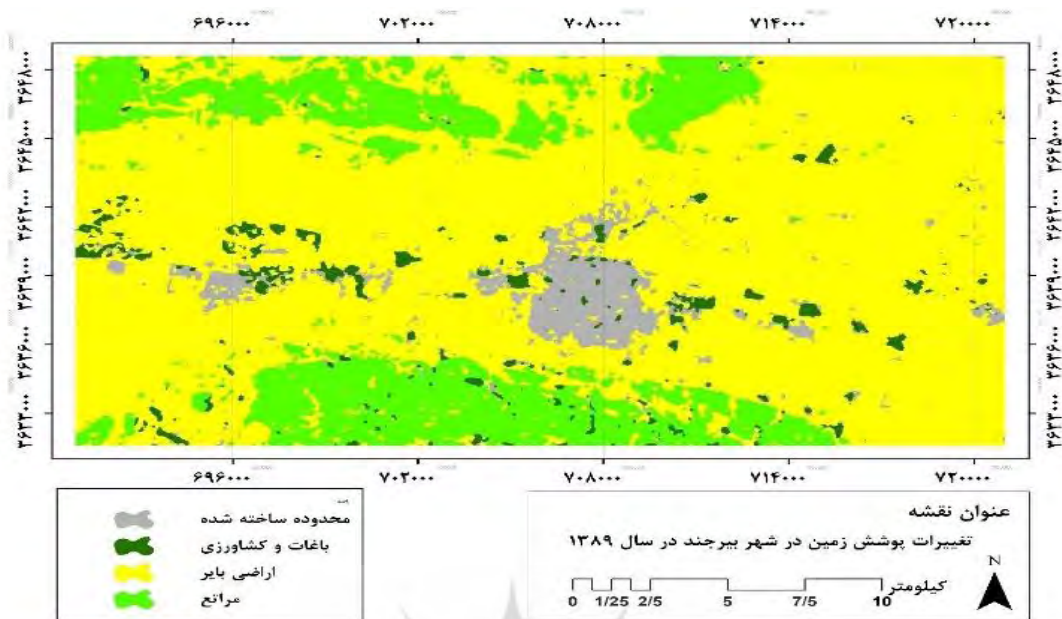
### ۳- نتایج و بحث

هدف پژوهش حاضر بررسی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهر بیرجند و پیرامون آن در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ و شبیه سازی روند تغییرات کاربری را تا سال ۱۴۰۴ با استفاده از روش زنجیره مارکوف است. در همین راستا،

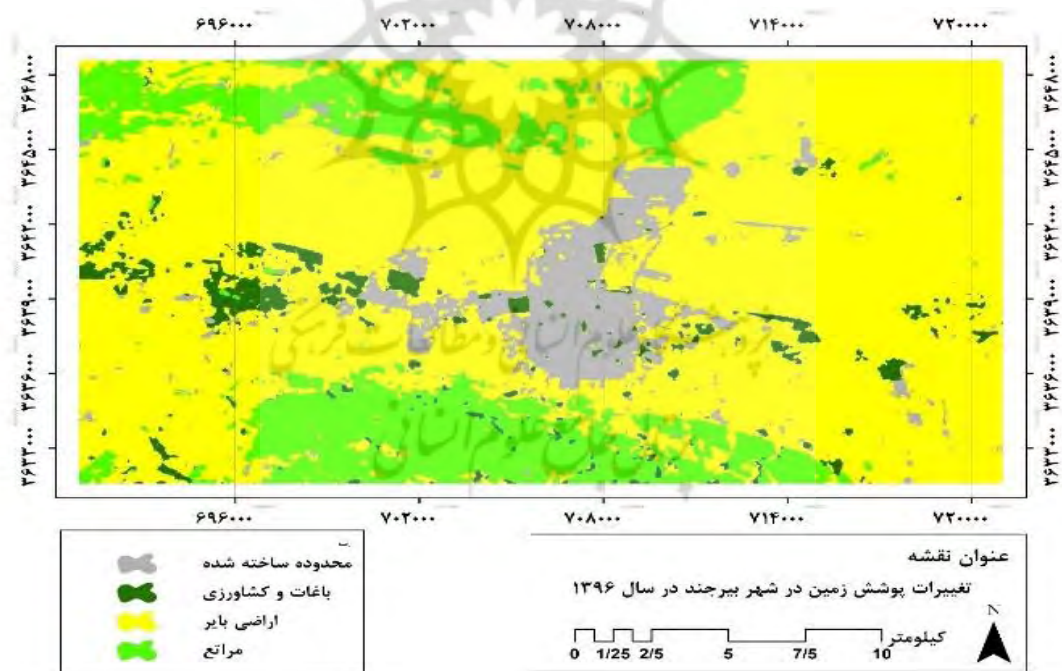
شکل شماره ۳ تا ۵ تغییرات پوشش زمین شامل کاربری‌های باغات، زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی بایر و مراعات شهر بیرجند را به ترتیب برای سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ نشان می‌دهند. همانطور که در نقشه‌ها قابل مشاهده است؛ سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۷۹ محدوده‌های ساخته‌شده به صورت ناپیوسته به سمت شمال و شمال شرق و همچنین به سمت غرب و تا حدی نیز به سمت شرق کشیده شده است که بیانگر پیروی رشد فیزیکی شهر از الگوی پراکنده‌رویی (اسپرال) در این دوره است. مقایسه شکل (۵) با شکل (۴) نشان می‌دهد که رشد فیزیکی شهر بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ در جهات فوق‌الذکر ادامه یافته و شکل پیوسته‌تری به خود گرفته است. مخصوصاً جهت شمال و شمال شرق برتری نسبی نسبت به جهات دیگر توسعه فیزیکی دارد. مخصوصاً در دوره دوم (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶) رشد ساخت و ساز شهری نسبت به دوره اول مورد نظر بیشتر می‌باشد. همچنین با نگاهی اجمالی به نقشه‌ها دریافته می‌شود که بیشتر ساخت و ساز شهری بر روی اراضی بایر صورت پذیرفته است.



شکل ۳- تغییرات پوشش زمین در سال ۱۳۷۹ منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای



شکل ۴- تغییرات پوشش زمین در سال ۱۳۸۹ منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای



شکل ۵- تغییرات پوشش زمین در سال ۱۳۹۶ منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای

## ۳-۱- تغییر مساحت کاربری‌های محدوده مورد مطالعه (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶)

کل مساحت محدوده مورد مطالعه در این تحقیق حدود ۵۱۱۸۳ هکتار است. برای سهولت بررسی، در جدول شماره ۳ به جای مساحت هر کاربری، سهم آن کاربری از کل مساحت محدوده، درج شده است. همچنین نرخ سالانه تغییر مساحت کاربری‌ها با استفاده از روش رشد نمایی محاسبه گردید. بر این اساس بیشترین سهم کاربری‌ها از کل محدوده مربوط به اراضی بایر و کمترین مربوط به باغات و کشاورزی است. روند تغییرات به گونه‌ای بوده است که از سهم کاربری بایر و مراتع کاسته شده است. به طوری که در دوره ۱۷ ساله مورد مطالعه به طور سالانه ۰/۴۸ درصد از مساحت مراتع و ۰/۳۸ درصد از اراضی بایر کاسته شده است. در مقابل بیشترین افزایش مربوط به کاربری محدوده ساخته شده است به طوری که سالانه ۶/۱۲ درصد به این کاربری افزوده شده است. باغات و زمین‌های کشاورزی نیز با نرخ رشد ۲/۶۱ درصد در سال، افزایش مساحت داشته‌اند.

جدول ۳- مساحت هر کاربری در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ (بر حسب مترمربع)

نرخ تغییر سالانه کل	نرخ تغییر سالانه (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶)	نرخ تغییر سالانه (۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹)	سهم کاربری از کل محدوده مورد مطالعه (درصد)			پوشش زمین	ردیف
			۱۳۹۶	۱۳۸۹	۱۳۷۹		
۶/۱۲	۶/۴۳	۵/۸۸	۷/۹۲	۵/۱۱	۲/۸۸	محدوده ساخته شده	۱
۲/۶۱	۳/۴۹	۱/۹۸	۳/۴۳	۲/۶۹	۲/۲۱	باغات و کشاورزی	۲
-۰/۳۸	-۰/۶	-۰/۲۲	۷۱/۰۴	۷۴/۱۳	۷۵/۷۹	اراضی بایر	۳
-۰/۴۸	-۰/۳۶	-۰/۵۶	۱۷/۶۱	۱۸/۰۷	۱۹/۱۱	مراتع	۴
-	-	-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع	

منبع: محاسبات نگارندگان بر اساس داده‌های تصاویر ماهواره‌ای

## ۳-۲- ماتریس‌های تبدیل وضعیت

ماتریس تبدیل وضع روشی برای نشان دادن روند تبدیل هر طبقه کاربری به طبقات دیگر در یک دوره زمانی خاص است.

در این پژوهش داده‌های خام اولیه مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، برای گویایی بهتر بحث، تبدیل به شاخص‌های دیگری شده است. از جمله اینکه در داده‌های اولیه ماتریس، اعداد به صورت نسبت (بین صفر تا ۱) بوده که برای وضوح بهتر به درصد تبدیل شد. در محور عمودی (ستون‌ها) کاربری اولیه (وضعیت کاربری در آغاز دوره) و در محور افقی (سطرها)، کاربری ثانویه (وضعیت کاربری در پایان دوره) ذکر شده است. در محل تقاطع دو کاربری،

عددی به صورت درصد است که بیانگر نسبت وقوع آن حالت به مجموع حالت‌های مختلف (تغییر و عدم تغییر) اتفاق افتاده بین تمام کاربری‌هاست. در واقع با دو حالت مختلف روبرو هستیم. اول: ثبات کاربری‌ها (عدم تغییر) دوم: تبدیل یک کاربری به کاربری دیگر. در حالت دوم یک کاربری به کاربری دیگر تغییر می‌کند که خروج از یک حالت (کاربری) و ورود به حالت دیگر (کاربری دیگر) اتفاق می‌افتد. در این جدول مجموع ورودی‌ها و خروجی‌های کاربری‌ها نشان داده شده است. همچنین سهم ورودی هر کاربری (از طریق تبدیل کاربری‌های دیگر) از طریق تقسیم نمودن میزان ورودی آن کاربری به کل تغییر کاربری‌ها محاسبه شده است. نسبت خروجی نیز حاصل تقسیم خروجی یک کاربری به کل تغییرات به صورت درصد است.

در جدول شماره ۴ ماتریس تبدیل وضعیت پوشش زمین بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، تغییر پوشش/کاربری زمین ۸/۸۶ درصد می‌باشد. از کل تغییرات حدود ۱ درصد مربوط به اراضی بایر، ۳۱/۸۳ درصد مربوط به مراتع، ۸/۹ درصد متعلق به اراضی کشاورزی و باغات و کمترین سهم تغییرات (۶،۹ درصد) مربوط به محدوده ساخته شده است.

محصول نهایی اکثر تبدیل کاربری‌ها اراضی بایر است. به طوری که در ۷۷/۳۵ تغییر کاربری‌ها، اراضی بایر شکل گرفته است. ۲/۷۸ درصد تبدیل کاربری‌ها به سکونتگاه‌های انسانی (بافت‌های شهری و روستایی) ختم می‌شود. منبع عمده شکل‌گیری کاربری ساخته شده، اراضی بایر می‌باشد.

بیش‌ترین رقم تبدیل یک کاربری به کاربری دیگر، از مرتع به اراضی بایر بوده است (۲/۷۵ درصد). این مطلب تا حدودی بیانگر بیابان‌زایی و تخریب مراتع منطقه است.

جدول ۴- ماتریس احتمال انتقال وضعیت کاربری‌های محدوده مورد مطالعه در دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹

نسبت ورودی کاربری به کل ورودی‌ها	نسبت ورودی کاربری به کل حالات	کاربری اولیه (۱۳۷۹)				محدوده ساخته شده	
		مراتع	اراضی بایر	باغات و کشاورزی	محدوده ساخته شده		
۲/۸۸	۲/۷۱	۰/۰۵	۲/۴۵	۰/۲۶	۲/۵۳	محدوده ساخته شده	کاربری ثانویه (۱۳۸۹)
۱/۵۶	۱/۲۸	۰/۰۷	۱/۱۱	۱/۴۲	۰/۱	باغات و کشاورزی	
۷۷/۳۵	۳/۵۴	۲/۷۵	۷۰/۵	۰/۴	۰/۳۹	اراضی بایر	
۱۸/۳۲	۱/۳۳	۱۶۷	۱/۱۵	۰/۱۳	۰	مراتع	
-	۸/۸۶	۲/۸۲	۴/۷۱	۰/۷۹	۰/۵۴	تغییر کاربری (خروجی)	
-	۹۱/۱۵	۱۶۷	۷۰/۵	۱/۴۲	۲/۵۳	ثبات کاربری	
۱۰۰	-	۳۱/۸۳	۵۳/۱۶	۸/۹۲	۶/۰۹	نسبت خروجی کاربری به کل خروجی‌ها	

محاسبات نگارندگان بر اساس داده‌های تصاویر ماهواره‌ای

با توجه به خروجی‌های جدول (۵) مشخص گردید که بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ احتمال تغییر پوشش/کاربری زمین در کل ۱۲/۵۴ درصد می‌باشد. از کل تغییرات حدود ۵۷/۱۸ درصد مربوط به اراضی بایر، ۱۷/۷ درصد مربوط به مراتع، ۱۷/۳ درصد متعلق به محدوده ساخته شده می‌باشد و کمترین سهم تغییرات (۷/۸ درصد) مربوط به تغییر اراضی کشاورزی و باغات صورت گرفته است.

همچنین ۳۶/۶۸ درصد تبدیل کاربری‌ها به ساخت محیط ساخته شده (شهری و روستایی) ختم می‌شود. منبع عمده شکل‌گیری کاربری ساخته شده، اراضی بایر می‌باشد.

ضمن اینکه ۳۵/۶۵ درصد تغییرات کاربری‌ها به شکل‌گیری اراضی بایر ختم شده که متأسفانه منبع عمده چنین تغییری، مراتع است و از این رو نیاز است که حفاظت بیشتری برای حفظ مراتع اطراف شهر بیرجند صورت گیرد.

جدول ۵- ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین کاربری‌ها در دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶

نسبت ورودی کاربری به کل تغییرات	شکل‌گیری کاربری ثانویه از کاربری دیگر (درصد)*	کاربری اولیه (۱۳۸۹)				کاربری ثانویه (۱۳۹۶)
		مراتع	اراضی بایر	باغات و کشاورزی	محدوده ساخته شده	
۳۶/۶۸	۴/۶	۰/۰۹	۴/۴۶	۰/۰۵	۳/۳۲	محدوده ساخته شده
۱۳/۶۴	۱/۷۱	۰/۰۷	۱/۱	۱/۷	۰/۵۴	باغات و کشاورزی
۳۵/۶۵	۴/۴۷	۲/۰۶	۶۶/۵۹	۰/۸۴	۱/۵۷	اراضی بایر
۱۴/۰۴	۱/۷۶	۱۵/۸۵	۱/۶۱	۰/۰۹	۰/۰۶	مراتع
-	۱۲/۵۴	۲/۲۲	۷/۱۷	۰/۹۸	۲/۱۷	احتمال تغییر کاربری اولیه*
-	۸۷/۴۶	۱۵/۸۵	۶۶/۵۹	۱/۷	۳/۳۲	احتمال عدم تغییر کاربری اولیه*
۱۰۰	-	۱۷/۷	۵۷/۱۸	۷/۸۱	۱۷/۳	نسبت خروجی کاربری به کل خروجی‌ها

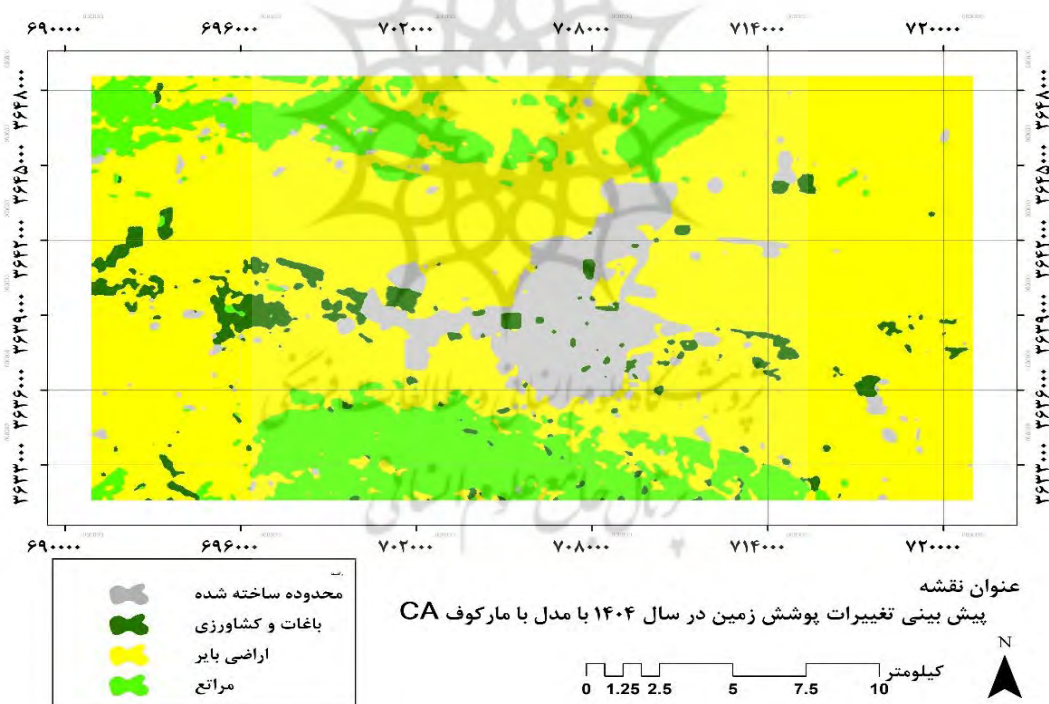
منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای

### ۳-۳- پیش‌بینی کلاس‌های کاربری در سال ۱۴۰۴

با بررسی تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محدوده شهر بیرجند که شامل کاربری‌های محدوده ساخته شده، باغات و کشاورزی، مراتع و اراضی بایر است؛ برای ارزیابی و شبیه‌سازی آینده محدوده از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین را از یک دوره به دوره دیگر بیان کرده و از آن به‌عنوان پایه‌ای برای نقشه‌سازی تغییرات آینده استفاده می‌کند. در اینجا با در نظر گرفتن مساحت انتقال‌یافته بین بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ و مدل زنجیره مارکوف، مساحت ۴ طبقه پوشش زمین در کاربری‌های موردنظر در سال ۱۴۰۴



ارزیابی و شبیه‌سازی شد، که در قالب شکل شماره ۶ قابل مشاهده است. نمایش داده شده است. جدول ۶ نیز وسعت کاربری‌ها در سال ۱۳۹۶ و پیش‌بینی تغییرات آن‌ها در سال ۱۴۰۴ را نشان می‌دهد. بر این اساس، بیش‌ترین تغییرات مربوط به کاربری محدوده ساخته شده می‌باشد به طوری که اگر همین روند تغییرات تداوم داشته باشد، مساحت محدوده ساخته شده از ۴۰۵۲ هکتار در سال ۱۳۹۶ به ۴۷۴۷ هکتار در سال ۱۴۰۴ خواهد رسید؛ یعنی مساحت آن برابر خواهد شد (رشد ۱۷/۱۳ درصدی). مساحت و سهم کاربری باغات و کشاورزی نیز در افق طرح رشدی مثبت خواهد داشت و ۱/۰۹ برابر خواهد شد (رشد ۹/۰۸ درصدی). در مقابل مساحت دو کاربری اراضی بایر و مراتع کاهش خواهد یافت به طوری که مساحت اراضی بایر از ۳۶۳۶۱ هکتار به ۳۵۷۰۴ هکتار و سهم آن در محدوده مورد مطالعه از ۷۱/۰۴ درصد به ۶۹/۷۶ درصد تنزل می‌یابد (رشد ۱/۸۱- درصد) و مساحت مراتع از ۹۰۱۴ هکتار به ۸۸۰۵ هکتار کاهش می‌یابد (رشد ۲/۳۲- درصد) یعنی حدود ۲۰۹ هکتار از اراضی مرتعی به کاربری‌های دیگر تغییر می‌یابد که رقم قابل توجهی است و با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی تخریب مراتع نیازمند جدیت بیشتر در مهار بیابان‌زایی و تغییر کاربری مراتع است.



شکل ۶- پیش‌بینی وضعیت پوشش زمین در محدوده مورد مطالعه سال ۱۴۰۴



جدول ۶- پیش‌بینی وسعت پوشش زمین محدوده مورد مطالعه برای سال ۱۴۰۴

میزان تغییر (درصد)*	نسبت مساحت به ۱۴۰۴ ۱۳۹۶	۱۴۰۴		۱۳۹۶		نوع پوشش/کاربری
		نسبت کاربری به کل مساحت محدوده(درصد)	مساحت (هکتار)	نسبت کاربری به کل مساحت محدوده (درصد)	مساحت (هکتار)	
۱۷/۱۳	۱/۱۷	۹/۲۸	۴۷۴۷/۴۱	۷/۹۲	۴۰۵۲/۹۷	محدوده ساخته‌شده
۹/۸	۱/۰۹	۳/۷۶	۱۹۲۶/۰۹	۳/۴۳	۱۷۵۴/۱۹	باغات و کشاورزی
-۱/۸۱	۰/۹۸	۶۹/۷۶	۳۵۷۰۴/۳۵	۷۱/۰۴	۳۶۳۶۱/۶۲	اراضی بایر
-۲/۳۲	۰/۹۷	۱۷/۲	۸۸۰۵/۲۴	۱۷/۶۱	۹۰۱۴/۳۱	مراتع
-	-	۱۰۰	۵۱۱۸۳/۰۹	۱۰۰	۵۱۱۸۳/۰۹	کل

\*میزان تغییر کل دوره است و رشد سالانه مد نظر نیست.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دوره زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ تغییرات کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده ساخته‌شده، زمین‌های بایر و مراتع بررسی شد. برای ارزیابی این تغییرات از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در نرم‌افزار Ecogonation و برای ارزیابی و شبیه‌سازی آینده از روش زنجیره مارکوف استفاده گردید. با استفاده از مدل زنجیره مارکوف الگوی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۴ پیش‌بینی و مدل‌سازی گردید. این مدل شامل سه مرحله ۱- محاسبه احتمالات تبدیل با استفاده از آنالیز زنجیره مارکوف ۲- محاسبه نقشه‌های شایستگی پوشش و کاربری زمین بر اساس ارزیابی چندمعیاره ۳- اختصاص مکانی پوشش کاربری زمین بر اساس عملگر مکانی CA است. این مدل بر اساس تغییرات صورت گرفته در سال‌های گذشته به محاسبه احتمال تغییرات در آینده و تخصیص مکانی این تغییرات می‌پردازد و صرفاً روند کلی تغییرات را در نظر نمی‌گیرد بلکه روند تمامی سال‌ها را در نظر می‌گیرد. در روش زنجیره مارکوف از کلاس‌های تعیین‌شده و مقدار وسعتی که از هر کاربری به کاربری دیگر در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ تبدیل شده است به‌عنوان حالت‌های زنجیره استفاده شد. بر اساس مدل زنجیره مارکوف طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ مساحت محدوده ساخته‌شده، کشاورزی و باغات افزایش یافته است و از مساحت اراضی بایر و مراتع کاسته شده است. تغییرات مساحت کاربری‌ها در سال ۱۴۰۴ نسبت به ۱۳۹۶ نیز به همین صورت است، به‌طوری‌که باغات و زمین‌های کشاورزی (۱/۰۹ برابر)، محدوده‌های ساخته‌شده (۱/۱۷ برابر) اراضی بایر (۰/۹۸ برابر)، مراتع (۰/۹۷ برابر) خواهد شد.

در کل این الگوی تغییر کاربری، بیانگر افزایش دخالت‌های انسانی و غلبه چشم‌اندازهای انسانی (سکونتگاه‌ها، باغات و اراضی کشاورزی) بر محیط طبیعی (مخصوصاً مراتع) است. در این بین کاهش اراضی مرتعی با توجه به

تبعات مختلف زیست‌محیطی ناشی از بین رفتن پوشش گیاهی مثل افزایش ریزگردها، افزایش احتمال سیلاب، کاهش نفوذپذیری آب به سفره‌های زیر زمینی و... و نیز پیامدهای اقتصادی-اجتماعی مثل آسیب به بخش‌های دامداری و کشاورزی، بیکاری و مهاجرت را به همراه خواهد داشت؛ از اهمیت بیشتری برخوردار است. نکته بعدی که از مقایسه نقشه‌ها قابل درک است، توسعه و رشد فیزیکی پراکنده سکونتگاه‌هاست که بخشی از اراضی مرتعی و حتی کشاورزی و باغات را به زیر ساخت و ساز می‌برد و از آنها می‌کاهد. نکته مهم دیگر این است که علی‌رغم افزایش مساحت باغات و اراضی کشاورزی، درصد قابل توجهی از تغییر کاربری‌ها، مربوط به این کاربری مهم است به طوری که در دوره ۱۳۸۹-۱۳۷۹ حدود ۸٫۹۲ درصد و در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۹ حدود ۷٫۸۱ درصد از تغییر کاربری‌ها به کاربری دیگر مربوط به این کاربری است. در کل باید با یک نگرش سیستمی به منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن ابعاد شهری-روستایی، زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی در برنامه‌ریزی‌ها، تلاش شود روند نابهنجار تغییر کاربری‌ها کنترل شود. به طوری که از دست‌اندازی به زمین‌های مرغوب کشاورزی، باغات و مراتع کاسته شود. یکی از مهم‌ترین اقدامات در این زمینه می‌تواند پیروی از الگوی رشد فشرده و درونزای شهری با محوریت استفاده از اراضی بایر درون‌شهری و بافت‌های فرسوده باشد.

#### کتابنامه

- ارخی، صالح؛ ۱۳۹۴، آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi مطالعه موردی: منطقه آبدانان. فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، شماره ۲۴، صفحه ۱-۱۲.
- خلیقی، سام؛ ۱۳۸۵. پایش تغییرات خط ساحل دریای خزر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تبریز.
- رضویان، محمدتقی؛ ۱۳۸۱. برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری. نشر منشی. تهران.
- شریفی، لیلا؛ رسولی، علی اکبر؛ حجازی، میر اسد...؛ رستم زاده، هاشم؛ ۱۳۹۱. آشکارسازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی با پردازش شیء‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان تبریز). نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی. مقاله ۱۰. دوره ۱۷. شماره ۴۴. تابستان ۱۳۹۲. صفحه ۲۰۳-۲۱۴.
- شنانی هویزه، سیده مائده؛ زراعی، حیدر؛ ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. سال هفتم، شماره ۱۴، صفحه ۲۴۴-۲۳۷.
- علوی پناه، سید کاظم؛ ۱۳۸۴. کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- غفاری، صدیقه؛ مرادی، حمید رضا؛ رضا، مدرس؛ ۱۳۹۷. مقایسه روش‌های طبقه بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف آباد و چادگان). فصلنامه سنجش‌از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. ۹(۱). ۴۰-۵۷.

فیضی زاده، بختیار و حاجی میر رحیمی، سید محمود؛ ۱۳۸۷. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه). همایش ژئوماتیک ۸۷، تهران: سازمان نقشه‌برداری کشور، صفحه ۱۰-۱.

فیضی زاده، بختیار و حاجی میر رحیمی، سید محمود؛ ۱۳۸۶. آشکارسازی تغییرات فضای سبز شهر تبریز با استفاده از روش‌های شیء‌گرا. اولین همایش GIS شهری. دانشگاه شمال، صفحه ۱۰-۱.

فیضی زاده، بختیار؛ ۱۳۸۶. مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه تبریز.

فیضی زاده، بختیار، جعفری، فیروز و نظم فر، حسین؛ ۱۳۸۷. کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری (مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز). نشریه هنرهای زیبا. تابستان ۱۳۸۷. شماره ۳۴ صفحه ۱۷-۲۴

قادرمزی، حامد؛ ۱۳۸۳. نقش روستا شهرها در توسعه روستاهای پیرامونی؛ مطالعه موردی روستا شهر دهگلان. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی. دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

محرمی میثم، رسولی علی اکبر، رستم زاده هاشم؛ ۱۳۹۵. مدل‌سازی تأثیرات پس‌روی دریاچه ارومیه بر روستاهای ساحل شرقی دریاچه ارومیه با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال سوم، شماره ۳، صفحه ۸۱-۹۸

موسوی، سید حجت؛ رنجبر، ابوالفضل، حاصلی، مهدی؛ ۱۳۹۵. پایش و روند یابی تغییرات کاربری اراضی حوضه ابرکوه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۲۰۱۴ - ۱۹۷۶. فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر. شماره ۲۵ صفحه ۱۴۶-۱۲۹

Addae, Bright & Oppelt, Natascha., 2019. Land-Use/Land-Cover Change Analysis and Urban Growth Modelling in the Greater Accra Metropolitan Area (GAMA), Ghana. *Urban Science*. 3. 26.

Aithal, Bharath., Chandan M C, Nimish G., 2019. Assessing land surface temperature and land use change through spatio-temporal analysis: a case study of select major cities of India. *Arabian Journal of Geosciences*. 12(11):367.

Bagan, Hasi and Yamagata, Yoshiki., 2014. Land-cover change analysis in 50 global cities by using a combination of Landsat data and analysis of grid cells. *Environmental Research Letters*, Volume 9, Number 6.

Blaschke, Thomas., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65(1), 2-16.

Cahya, D L., Martini, E., and K M Kasikoen., 2018. Urbanization and Land Use Changes in Peri-Urban Area using Spatial Analysis Methods (Case Study: Ciawi Urban Areas, Bogor Regency). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 123 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/123/1/012035>.

Chen, G., Hay, G. J., Carvalho, L. M., & Wulder, M. A., 2012. Object-based change detection. *International Journal of Remote Sensing*, 33(14), 4434-4457.

- Desclée, B., Bogaert, P., & Defourny, P., 2006. Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment*, 102(1), 1-11.
- Escolano, Javier. & Navarro-Pedreño, Jose & Gómez Lucas, Ignacio & Almendro-Candel, M. & Zorpas, Antonis., 2018. Decreased Organic Carbon Associated With Land Management in Mediterranean Environments. 10.1016/B978-0-12-812128-3.00001-X.
- Fan, Fenglei, Wang, Yunpeng, and Wang, Zhishi., 2008. Temporal and spatial change, detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl pp: 127-147.
- FAO., 1993. Guidelines for Land Use Planning, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Im, J., Jensen, J. R., & Tullis, J. A., 2008. Object-based change detection using correlation image analysis and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, 29(2), 399-423.
- Patraa, Suman, Satiprasad, Sahoo., PulakMishra, Subhash., Chandra, Mahapatra., 2018. Impacts of urbanization on land use /cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level. *Journal of Urban Management*. Volume 7, Issue 2, September 2018, Pages 70-84.
- Paul, Bimal, 2017. Chapter Six - Land Use Change and Coastal Management. in Bimal Kanti Paul and Harun Rashid (2017). *Climatic Hazards in Coastal Bangladesh* Butterworth-Heinemann., Pages 183-207.
- Razafindrakoto, Mieja & Andriamananjara, Andry & Razafimbelo, Tantely & Hewson, Jennifer & Andrisoa, Riana & Jones, Julia & van Meerveld, Ilja & Cameron, Alison & Ranaivoson, Ntsoa & Ramifehiarivo, Nandrianina & Ramboatiana, Nantenaina & Razafinarivo, Ravo & Ramanantoandro, Tahiana & Rasolohery, Andriambolantsoa & Razafimanantsoa, Marie & Jourdan, Christophe & Saint-Andre, Laurent & Rajoelison, Gabrielle & Razakamanarivo, Herintsitohaina, 2017. Organic Carbon Stocks in All Pools Following Land Cover Change in Rainforest of Madagascar. *Soil Management and Climate Change*. 25-37.
- Stürck, J., Levers, C., van der Zanden, E. H., Schulp, C. J. E., Verkerk, P. J., Kuemmerle, T., ... & Schrammeijer, E., 2018. Simulating and delineating future land change trajectories across Europe. *Regional Environmental Change*, 18(3), 733-749..
- [www.grida.no/climate/ipcc/land\\_use/045.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc/land_use/045.htm)
- Yu, W., Zhou, W., Qian, Y., & Yan, J., 2016. A new approach for land cover classification and change analysis: Integrating backdating and an object-based method. *Remote Sensing of Environment*, 177, 37-47.