

## ارزیابی میزان تغییرات پوشش زمین و کاربری‌های مربوطه در بازه‌های زمانی سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹ میلادی در پهنه شمالی شرقی استان قم (شهرستان قم)

مرتضی نجفی<sup>۱</sup>: دانش‌آموخته رشته مهندسی شهرسازی گرایش برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تربیت مدرس - تهران

morteza.najafi@modares.ac.ir

دانیال عدالتخواه: دانش‌آموخته رشته مهندسی شهرسازی گرایش برنامه‌ریزی شهری دانشگاه آزاد اسلامی واحد پردیس - تهران

Daniyaledalatkhah@gmail.com

### چکیده

گسترش شهر فرایند اجتناب ناپذیری است که به علل مختلف در پهنه‌های پوششی زمین رخ می‌دهد و سبب ایجاد آثار زیستی و تخریبی مختلفی در پوشش زمین می‌شود. استفاده از ویژگی‌های خاص جغرافیایی زمین از جمله استفاده از دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی تا استفاده از مراتع و تخریب‌هایی که در راستای دستیابی به سنگ‌ها و مواد آلی ارزشمند صورت می‌گیرد، همگی به گونه‌ای سبب تخریب پوشش زمین به واسطه کاربری اراضی بوده است. بخش شمال شرقی استان قم و شهرستان قم (نواحی مرکزی استان قم) از جمله محدوده‌هایی به شمار می‌رود که با روند تغییرات عمده پوششی زمین رو به رو است. هدف این پژوهش ارزیابی میزان تغییرات پوشش زمین و کاربری‌های مربوطه در بازه‌های زمانی سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹ میلادی در پهنه شمالی شهرستان قم بوده است. ماهیت پژوهش کاربردی و روش پژوهش توصیفی تحلیل مبتنی بر تحلیل‌های فضایی و مکانی و استفاده از تصاویر ماهواره لندست بوده است. نرم افزارهای مورد استفاده در پژوهش GIS و TerrSet بود. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر میزان تغییرات عمده در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ به نسبت ۱۰ سال قبل بوده است و عمدتاً تغییرات در نواحی شمالی و جنوبی محدوده رخ داده است. کاربری‌های عمده‌ای که تحت تاثیر این تغییرات قرار گرفته‌اند شامل پهنه‌های سبز (مراتع و جنگل‌ها) نواحی توسعه شهری و پهنه آبی بود.

کلمات کلیدی: پوشش زمین، استان قم، ماهواره لندست، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

**مقدمه**

گسترش شهر فرایند اجتناب ناپذیری است که به علل مختلف در پهنه‌های پوششی زمین رخ می‌دهد و سبب ایجاد آثار زیستی و تخریبی مختلفی در پوشش زمین می‌شود. استفاده از ویژگی‌های خاص جغرافیایی زمین از جمله استفاده از دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و آب‌های زیر زمینی تا استفاده از مراکز و تخریب‌هایی که در راستای دستیابی به سنگ‌ها و مواد آلی ارزشمند صورت می‌گیرد، همگی به گونه‌ای سبب تخریب پوشش زمین به واسطه کاربری اراضی بوده‌است. کاربری اراضی یکی از مهمترین عواملی است که انسان از طریق آن منابع طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Lausch A., and Herzog F, 2002). ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی، فرآیندی است که منجر به ایجاد درک صحیحی از نحوه تعامل انسان و محیط زیست می‌شود. این مسئله در مورد مناطق حساس زیستی از اهمیت بیشتری برخوردار است (Lambin, E.F., and H. Geist, 2006).

در سالیان اخیر روند تخریب پوشش‌های زمین به خاطر رشد و گسترش شهرها رخ داده است. رشد و پراکنش مناطق شهری و انسان ساخت در سیمای سرزمین منجر به افزایش سطوح نفوذناپذیر انسان ساخت می‌شود. افزایش این سطوح تهدید بزرگی برای کیفیت محیط زیست طبیعی و انسان ساخت می‌باشد. این تهدیدها شامل افزایش رواناب و سیل، کاهش کیفیت آب، بالا رفتن دمای حداکثر در تابستان‌ها، فروافت و تخریب زیستگاه‌های آبی و خشکی و کاهش جاذبه‌های زیبایی رودخانه‌ها و سیمای سرزمین‌هاست. از این رو فرایند گسترش شهری، پیامدهای پیچیده و بعضاً جبران ناپذیر بوم شناختی به همراه خواهد داشت و مطالعه روند و الگوی گسترش شهری ضروری و پیشیناز هرگونه برنامه ریزی برای کاهش اثرات بوم شناختی آن است (ستوده، احد، ۱۳۸۹) در واقع کمی سازی الگوی سیمای سرزمین و تغییراتش برای پایش و ارزیابی پیامدهای بوم شناختی توسعه شهری ضروری است و کمی سازی گرادیان توسعه شهری اولین و مهمترین مرحله در مرتبط کردن الگوها به فرایندها در مطالعات بوم شناختی شهری است (Luck M., and Wu J, 2002).

استفاده از داده و سنج‌های ماهواره‌ای در ارزیابی پوشش زمین، میزان تخریب و نحوه استفاده از زمین بسیار مفید بوده است. در واقع دسترسی روز افزون به داده‌های ماهواره‌ای و گسترش روش‌های تجزیه و تحلیل آن‌ها، موجب فراهم کردن بعضی اطلاعات مکانی با تکرار زمانی مناسب از گذشته و حال سرزمین شده است و کمک زیادی به ارزیابی تغییرات گذشته سیمای سرزمین کرده است. همچنین ابداع و توسعه سنج‌های سیمای سرزمین به عنوان نمایه‌های کمی سیمای سرزمین و امکان محاسبه آن‌ها از نقشه‌های کاربری/ پوشش حاصل از داده‌های ماهواره‌ای، تحولی شگرف زمینه مطالعه گسترش شهری ایجاد کرده است (Herold M., Couclelis H., and Clarke K. C, 2005).

پهنه شمالی شرقی استان قم از محدودیهایی به شمار می‌رود که به خاطر قرار گیری قم رود و دریاچه نمک و همچنین وجود رشته کوه‌ها و ناهمواری‌ها از شرایط ویژه‌ای برخوردار بوده است. به طور کلی در بررسی‌های صورت گرفته شده روند افزایش جمعیت در شهر قم و نواحی استان قم در میزان پایین به نسبت کشوری قرار داشته و این میزان در کنار روند تغییرات پوشش زمین بیانگر شرایط Min در استان‌های با شباهتهایی استان قم می‌باشد.

**اهداف پژوهش**

هدف از انجام این مطالعه ترکیبی " ارزیابی میزان تغییرات پوشش زمین و کاربری‌های مربوطه در بازه‌های زمانی سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹ میلادی در پهنه شمالی شرقی استان قم (شهرستان قم) " بوده است. می‌توان اهداف این پژوهش را در دو دسته‌بندی کلی تقسیم نماییم هدف کلان که ارزیابی میزان تغییرات کاربری زمین در بخش شمال شرقی شهرستان قم بوده و هدف خورد این مطالعه بررسی کاربری‌ها و میزان تغییرات کاربری‌ها در بازه‌های زمانی مطرح شده، بوده است. از تحلیل فضایی و عکس‌های ماهواره‌ای برای اندازه‌گیری میزان تغییرات پوشش زمین در بازه‌های زمانی ۱۰ ساله بوده است. در همین زمان میزان تغییرات به صورت میدانی و استفاده از نرم افزارهای مرتبط و بهره‌گیری از طرح‌های پیرامون استان در بازه‌های زمانی ۱۰ ساله اخیر پرداخته شد. دلیل استفاده از روش ترکیبی درک بهتر مسئله و پاسخ روشن به میزان تغییرات بوده است.

بدین منظور در ادامه به بررسی پژوهش‌های صورت گرفته پیرامون موضوع اصلی پرداخته می‌شود و سعی بر این است در این نمونه‌های پژوهشی متد نتایج مورد بازخوانی قرار گیرد.

ریبعی و همکاران (۱۳۸۴) در مطالعه‌ای به کشف و بازایی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. در این مطالعه تغییرات، تحولات کاربری و پوشش اراضی منطقه اصفهان با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست اخذ شد؛ سپس در سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۹۰ پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی با بهره‌گیری از روش‌های پیشرفته ارزیابی شد. هر تصویر به طور جداگانه با استفاده از خوارزمیک حداکثر احتمال طبقه بندی شد. در مرحله بعد تصاویر طبقه بندی شده به کمک روش مقایسه پس از طبقه بندی مقایسه شد. نتایج بدست آمده نشان دهنده تغییر وسیع کاربری اراضی کشاورزی مجاور شهر اصفهان به منطقه مسکونی در طول هشت سال می‌باشد. در این صورت توصیه می‌شود مدیران و برنامه ریزان به نظارت هر چه بیشتر بر روند تخریب اراضی کشاورزی در این منطقه توجه کنند.

جعفری (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای به ارزیابی و بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در شهرستان‌های استان گیلان با استفاده از سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پرداخت. بدین منظور از تصاویر ماهواره‌های چهار مقطع زمانی در سال‌های ۱۹۷۵، ۱۹۸۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۷ و سنجنده‌های MSS، TM، TM+ و IRS استفاده گردید. پس از تهیه نقشه‌های کاربری/ پوشش سرزمین، با استفاده از روش پس از طبقه بندی به آشکارسازی تغییرات کاربری/ پوشش سرزمین در طی زمان پرداخته شد. همچنین در این مطالعه به منظور تعیین اراضی بهینه جهت توسعه آبی شهری، اقدام به ارزیابی سرزمین براساس مدل اکولوژیکی توسعه شهری گردید و نتایج آن با وضعیت فعلی توسعه شهری مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین به منظور تعیین خسارت‌های محیط زیستی ناشی از تغییرات کاربری/ پوشش سرزمین اقدام به تهیه جدول خسارات محیط زیستی از دو جنبه آلودگی‌های محیط زیستی و تنوع زیستی گردید.

سنجری و برومند (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به پایش تغییرات کاربری/ پوشش اراضی در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک سنجش از دور در منطقه زرند استان کرمان پرداختند. در این تحقیق از تصاویر MMS سال ۱۳۵۵، TM سال ۱۳۶۶ و ETM+ سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۴ استفاده گردید. برای تهیه نقشه کاربری/ پوشش اراضی از روش طبقه بندی نظارت شده با کمک خوارزمیک حداکثر احتمال استفاده گردید و در نهایت پنج نوع کاربری در منطقه شناسایی شد. در این مطالعه با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه بندی به پایش تغییرات منطقه پرداخته شد و نتایج نشان دهنده، تغییر اراضی به صورت تبدیل اراضی بایر و اراضی

رسوبی کشت نشده به اراضی باغی و مسکونی و صنعتی میباید. به گونه‌ای که به وسعت اراضی باغی طی سال ۲۸۹۳/۵ هکتار افزوده شده است، در مقابل از وسعت اراضی بایر (بیابانی) به میزان ۱۵۷۲/۷ هکتار کاسته شده است. همچنین وسعت مناطق مسکونی و مناطق صنعتی افزایش داشته است، در صورتی که این روند افزایش باید می‌تواند سبب اثرات منفی محیط زیستی شود. نتایج حاکی از آن است که کارایی تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی/ پوشش و تغییرات آن‌ها، جهت تسهیل در برنامه‌ریزی مدیریت منابع محیطی امری ضروری می‌باشد (عیسی‌ئی، زهرا، ۱۳۹۳).

هایبو<sup>۱</sup> در سال (۲۰۱۱) از سنجش از دور به منظور پایش تغییرات کاربری شهر Tai'an چین استفاده کردند. پایش تغییرات در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ نشان از افزایش سریع مناطق انسان ساخت و تغییر کاربری کشاورزی داشته است. عامل این تغییرات رشد اقتصادی و توسعه صنعتی در این منطقه ذکر شده است. مطابق آنچه مطرح شد سوالات به این گونه مطرح می‌شود که:

۱- تغییرات پوشش کاربری شهری بین سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ به چه میزان بوده است؟

۲- تغییرات پوشش کاربری شهری بین سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹ به چه میزان بوده است؟

### روش تحقیق

ماهیت پژوهش پیش رو به صورت کاربردی است چرا که به دنبال نمایان سازی میزان تغییرات پوشش کاربری زمین خواهد بود. روش تحقیق به صورت توصیفی-تحلیلی (قیاسی) به شمار می‌رود که در رویه کلی استفاد از تصاویر ماهواره‌ای بوده است. در ادامه تحلیل مورد استفاده شده در پژوهش به صورت فضایی و مکانی خواهد بود. بدین منظور با استفاده از ماهواره landsat8-7-5 و سنجنده‌های TM (Thematic Mapper) و ETM+ (Enhancement Thematic Mapper Plus) و TIRS عکس‌های ماهواره‌ای مرتبط به سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹ در محدوده شمال شرقی استان قم استخراج می‌شود. در کنار این موضوع بررسی اسناد بالادست استان قم در دو دهه اخیر نیز مد نظر قرار گرفته است. بررسی در دو محور موازی شکل گرفت و نتایج بررسی مطالعات طرح‌های بالادست در صحت اطلاعات و تحلیل‌های فضایی مورد استفاده قرار گرفت. پس از استخراج تصاویر ماهواره‌ای عمل تصحیح هندسی صورت می‌گیرد و بعد از اسکن کردن نقشه‌ها، تصویر نقشه‌های رقومی شده حاصله به طرز دقیقی پذیرش (Image Registration) و زمین مرجع (Image Georeferencing) شدند و در نهایت نقشه رقومی نمونه‌های زمینی طبقات پوشش اراضی تهیه گردید. این نقشه‌ها برای سه دوره زمانی مطرح شده تهیه می‌گردد و سپس با استفاده از افزونه Envi در GIS و همچنین مدل LCM میزان تغییرات به صورت عددی بیان می‌شود. برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی و سنجش صحت طبقه بندی از نرم افزار Google Earth و ضریب کاپا استفاده شد. ابزار مورد استفاده در این پژوهش در بخش ابتدایی پس از دریافت عکس‌های ماهواره‌ای استفاده از نرم افزارهای GIS و TerrSet بوده است.

### مبانی نظری پژوهش

#### سنجش از دور

سنجش از دور را میتوان فن شناسایی و تعیین مشخصه‌های پدیده‌های محیط زیست براساس داده‌هایی که از راه دور کسب میشوند، دانست (مخدوم، مجید، علی اصغر درویش صفت، هورفر جعفرزاده و عبدالرضا مخدوم، ۱۳۸۱). هنگامی که از واژه سنجش از دور استفاده می‌کنیم با ناگام بحث سامانه اطلاعات جغرافیایی به میان می‌آید. سامانه اطلاعات جغرافیایی مجموعه‌ای از روش‌ها و دستورهای است که به واسطه آنها و در راستای پشتیبانی از فعالیت‌های مبتنی بر تصمیمگیری میتوان هم در داده‌های فضایی و هم در داده‌های توصیفی، تسهیلاتی را در روند ورود، ذخیره، پردازش و تحلیل و در نهایت خروجی گرفتن از داده‌ها ایجاد کرد. (مالچفسکی، یاچک، ۱۳۹۰)

#### کاربری / پوشش زمین

طبقه بندی داده‌های سنجش از دور، نقشه پوشش زمین یا به عبارت دیگر پدیده‌های موجود بر سطح زمین در زمان تصویربرداری را ارائه میدهد، در حالی که کاربری زمین به فعالیت‌هایی که برای منطقه معینی طراحی شده است، یا به بیانی دیگر نحوه استفاده از زمین اشاره دارد. کاربری زمین را به عنوان دست‌های از فعالیت‌ها که برای یک یا چند کالا و خدمت در یک قطعه بکار می‌روند تعریف می‌کنند. غالباً نقشه کاربری زمین را میتوان بر اساس داده‌های دور سنجی و به طور غیر مستقیم تعیین کرد زیرا ممکن است پوشش زمین بازگو کننده کاربری مورد نظر آن منطقه نباشد (درویش صفت، علی اصغر و مهتاب پیرباوقار، ۱۳۹۱). پایش تغییرات کاربری/پوشش زمین، یکی از پیش شرط های اصلی جهت استفاده بهینه از سرزمین، اطلاع از الگوهای کاربری و آگاهی از تغییرات هر کدام از کاربری های در طول زمان است (علی محمدی، عباس، علی جعفر موسی وند و سیاوش شایان، ۱۳۸۸) خاصیت تصویر برداری مکرر، از ویژگی‌های این گونه اطلاعات برای بررسی تغییرات پدیده‌های مختلف زمینی و کنترل آنهاست. تصاویر ماهواره‌ای با پوشش وسیع این امکان را فراهم میکنند که سطح زمین در مناطق مختلف، به طور پیاپی مطالعه شوند و تغییراتی که در فاصله زمانی دو یا چند عکسبرداری متوالی در پدیده‌های زمینی رخ میدهند، بررسی و کنترل شوند. از نمون‌های بارز این بررسی‌ها، پایش تغییرات توسعه مناطق شهری، کاهش یا افزایش جنگل‌ها، مراتع و زمین‌های کشاورزی است (زبیری، محمود و علیرضا مجد، ۱۳۷۵).

#### تفسیر و طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای

تجزیه و تحلیل و تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای، عبارت است از بررسی و مطالعه اطلاعات آن به منظور شناسایی پدیده‌های مختلف سطح زمین که هر یک ممکن است با رنگ خاصی بر روی تصاویر ماهواره‌های ظاهر شوند. یکی از روش‌های استخراج اطلاعات مفید از تصاویر ماهواره‌ای در راستای هدف مورد نظر، طبقه بندی است. در این فرایند پدیده‌های مختلف سطح زمین که ممکن است با تن، اندازه، رنگ، بافت و الگوی خاصی بر روی تصویر نمایان شوند؛ تفکیک، شناسایی و به صورت نقشه‌های موضوعی مانند نقشه کاربری/ پوشش زمین، ارائه میشود (همان، ص ۳۶).

<sup>1</sup> Haibo

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در محدوده شمالی شرقی استان قم و بخش مرکزی شهرستان قم صورت گرفته است. شهرستان قم تنها شهرستان استان قم در مرکز ایران است؛ بنابراین، موقعیت، مساحت و جمعیت آن با استان قم برابر است. مرکز این شهرستان شهر قم است.



تصویر ۱: محدوده مورد مطالعه (ماخذ: طرح آمایش استان)

نقشه‌های پایه و مورد استفاده در این پژوهش با استفاده از ماهواره Landsat و سنجنده‌های TM+ و TIRS جمع‌آوری شده است در ادامه توضیحاتی پیرامون سنجنده‌ها مطرح می‌شود.

جدول ۱: ویژگی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

ماهواره	تاریخ	سنجنده	تعداد باند	اندازه تفکیک	مبنا
LandSat5	۱۹۹۹/۰۶/۲۲	MSS	۴	۷۹	WGS84
LandSat7	۲۰۰۹/۰۶/۱۹	TM	۷	۳۰	WGS84
LandSat8	۲۰۰۹/۰۵/۸	OLI-TIRS	۱۱	۳۰	WGS84

ماخذ: [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov)

ذکر این نکته ضروری است که در ایجاد نقشه کاربری اراضی برای شهرستان قم و نواحی شمالی شرقی آن از تصاویری استفاده می‌شود که در آن زمان دارای بیشترین نوع کاربری و کمترین میزان ابرناکی باشد. عبارتی دیگر استفاده از تصاویر ماه‌های گرم سال (اواخر بهار و فصل تابستان) مناسب‌تر خواهد بود (ماه‌های April تا Jun میلادی). منطقه مورد مطالعه در یک موزایک از عکس‌های ماهواره‌ای Landsat قرار داشته است. از نقشه DEM محدوده نیز علاوه بر استفاده در ژئورفرنس کردن عکس‌های هوایی منطقه، به عنوان یک لایه کمکی در طبقه بندی پوشش اراضی از روی تصاویر ماهواره‌ای نیز استفاده شد.

در این تحقیق برای پردازش تصاویر و پایش تغییرات از ترکیب هفت، چهار و سه مربوط به ماهواره‌های TM و TM+ استفاده شده است. هم‌میتوان در این مطالعه از نرم افزار GIS 10-4-1 استفاده شده است. این ورژن از نرم افزار جی ای اس افزونه جدیدی بنام ENVI Tools را در خود داراست که تمامی ویژگی‌های مورد نیاز در نرم افزار ENVI را می‌توان در این افزونه مشاهده کرد. جمع‌آوری داده‌های در ماه‌های خرداد و تیر سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۷۸ و اردیبهشت سال ۱۳۹۸ منطقه صورت گرفت. ابتدا محدوده مورد مطالعه به ۵ بخش کلی تقسیم بندی می‌شود. بعد از اسکن کردن نقشه‌ها، تصویر نقشه‌های رقومی شده حاصله به طرز دقیقی پذیرش (Image Registration) و زمین مرجع (Image Georeferencing) شدند و در نهایت نقشه رقومی نمونه‌های زمینی طبقات پوشش اراضی تهیه گردید. این نقشه به دو بخش عرصه‌های نمونه‌های آموزشی (Training Sites) جهت انجام طبقه بندی راهنمایی شده و بخش تعیین واقعیت زمینی (Ground Truth) جهت آزمون صحت نقشه‌های حاصل از طبقه بندی (Classification) تصاویر تقسیم شدند. البته در این بخش برای صحت واقعیت زمینی از نرم افزار Google Earth نیز استفاده شد. متد مناسب در طبقه بندی کاربری‌ها در این پژوهش استفاده از (Maximum Likelihood) روش طبقه بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال که بنابر نتایج محققین پیشین از صحت و دقت بالاتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها برخوردار بود، است (Koolhoven, E., W. Hendrikse., W. Nieuwenhuis., B. Retsios., M. Schouernburg, 2005).

برای ارزیابی دقت طبقه بندی نقشه از ضریب کاپا استفاده می‌شود. در بین معیارهای بیان صحت، معیار صحت کلی ساده، گویا و بسیار متداول است اما توافق اتفاقی می‌تواند در آن نقش داشته باشد. به منظور حذف توافق اتفاقی از صحت کلی و فراهم آوردن امکان مقایسه طبقه بندی‌های مختلف با یکدیگر، ضریب کاپا به عنوان یک معیار مناسب پیشنهاد شده است. در محاسبه ضریب کاپا پیکسل‌هایی که درست طبقه بندی نشده‌اند نیز دخالت داده میشوند، از این رو معیار مناسبی برای مقایسه نتایج طبقه بندی‌های مختلف می‌باشد. دقت طبقه بندی نقشه‌ها از طریق ضریب کاپا محاسبه می‌گردد (بنیاد، ا.ا. و ط. حاجی قادری، ۱۳۸۶).

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}$$

طبقه بندی نقشه‌ها به ۵ بخش کلی پهنه‌های آبی، پهنه سبز، پهنه کوهستانی و نواحی بایر و قابل توسعه و نواحی توسعه شهری تقسیم شده است.

جدول ۲: پهنه‌های مورد تحلیل در نقشه‌های ماهواره‌ای

تعریف	کاربری
این پهنه‌ها شامل مواردی مثل دریاچه‌ها و رودخانه‌ها می‌باشد	پهنه‌های آبی
شامل مراتع و مرتع‌های کشاورزی و جنگل و ... می‌باشد	پهنه سبز
شامل نواحی و دامنه‌های کوهستانی می‌باشد	پهنه کوهستانی
شامل نواحی شهری و سکونتی و مناطق مساعد این نواحی می‌باشد	پهنه توسعه شهری
فاقد هر نوع کاربری بوده و عمدتاً نواحی بایر به شمار می‌روند	پهنه‌های عاری از ساخت و ساز و سایر

ماخذ: نگارنده

مدل مفهومی فرایند پژوهش شامل به صورت زیر می‌باشد:



تصاویر مربوط به سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹ در ادامه ارائه شده است. تصاویر مربوطه به بخش مرکزی استان قم و شهرستان قم اشاره دارد.



تصویر ۲: تصاویر ماهواره‌ای استخراج شده از ماهواره لندست (LandSat8,7,5)، (ماخذ: نگارنده)

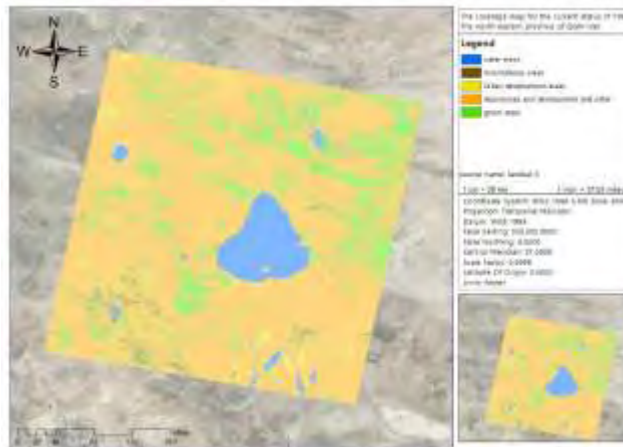
بررسی کیفیت رادیومتری تصاویر ماهواره‌ای سه مقطع زمانی مورد مطالعه نشان داد که هیچ کدام از خطاهای رادیومتری راهراه شدگی، دسته‌های شانزده تایی و پیکسل‌های دوبله و دیگر خطاها در آن‌ها وجود ندارد و از کیفیت مطلوبی برخوردارند.

### تجزیه و تحلیل

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یکی از منابع مهم برای نمایش تغییرات محیطی مطرح می‌باشد. بررسی این داده‌ها شرایط مختلف از جمله میزان و نوع پوشش و ... را نمایش می‌دهد. پس از مطالعه سطحی طرح‌های استان، در یک جمع‌بندی کلی بیان‌گر کاهش میزان مرتع‌های سبز و پهنه آبی استان بود. در ادامه با

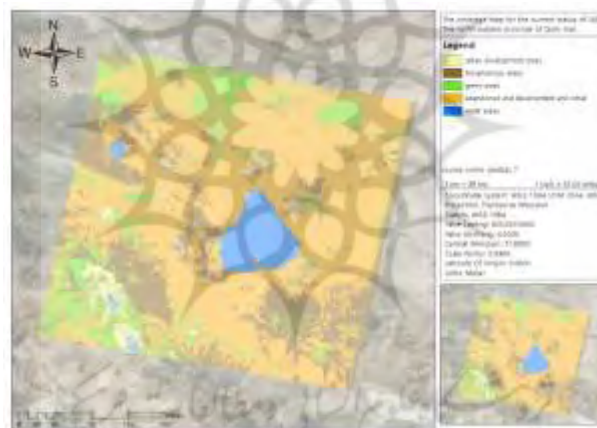


استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی وضعیت پوشش زمین در سه زمان مختلف می‌پردازیم. تصاویر انتخاب شده پس از تصحیح باند و زمین مرجع کردن نواحی که دست خوش تغییر عمده شد به صورت نقشه‌های توصیفی استخراج شد این نقشه‌ها به روش طبقه بندی نظارت شده ایجاد شدند و جهت صحت آن نیز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نمونه‌های مورد بررسی قرار گرفت. نقشه زیر شرایط در سال ۱۹۹۹ میلادی در محدوده مطالعاتی را بیان می‌کند:



تصویر ۳: تصاویر ماهواره‌ای استخراج شده از ماهواره لندست و طبقه بندی آن در سال ۱۹۹۹ میلادی (ماخذ: نگارنده)

در تصویر شماره ۳ طبقه بندی کاربری‌ها به ۵ بخش کلی نمایش داده شده است. عمده نواحی مربوط به بخش‌های بایر و زمین‌های رها شده مرتبط می‌شود و پهنه‌های سبز نیز درصد قابل ملاحظه‌ای در سال ۱۹۹۹ میلادی در بخش مرکزی شهرستان قم را به خود اختصاص داده‌اند. نواحی توسعه شهری و شهری نیز عمدتاً در بخش غربی و جنوب غربی شهرستان (شهر قم) واقع شده است. به دلیل غالب بودن پهنه‌های آبی استخراج آن‌ها از سایر پهنه‌ها بسیار آسان بوده است. البته در تمامی مراحل استفاده از نرم افزار گوگل ارث برای صحت داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت.



تصویر ۴: تصاویر ماهواره‌ای استخراج شده از ماهواره لندست و طبقه بندی آن در سال ۲۰۰۹ میلادی (ماخذ: نگارنده)

در تصویر شماره ۴ که مربوط به سال ۲۰۰۹ میلادی بوده است میزان پهنه‌های آبی رو به کاهش و پهنه‌های شهری رو به افزایش بوده است از سوی دیگر پهنه‌های سبز (مراعات و جنگل‌ها) نیز کاهش یافته است. قابل ذکر است که پهنه کوهستانی در دو تصویر اول به خاطر وجود باند ۳ و عدم مشخص شدن فیلد در تصویر شماره ۱ میزان مراعات کوهستانی هم رنگ قرار گرفته شده است.



تصویر ۵: تصاویر ماهواره‌ای استخراج شده از ماهواره لندست و طبقه بندی آن در سال ۲۰۱۹ میلادی (ماخذ: نگارنده)

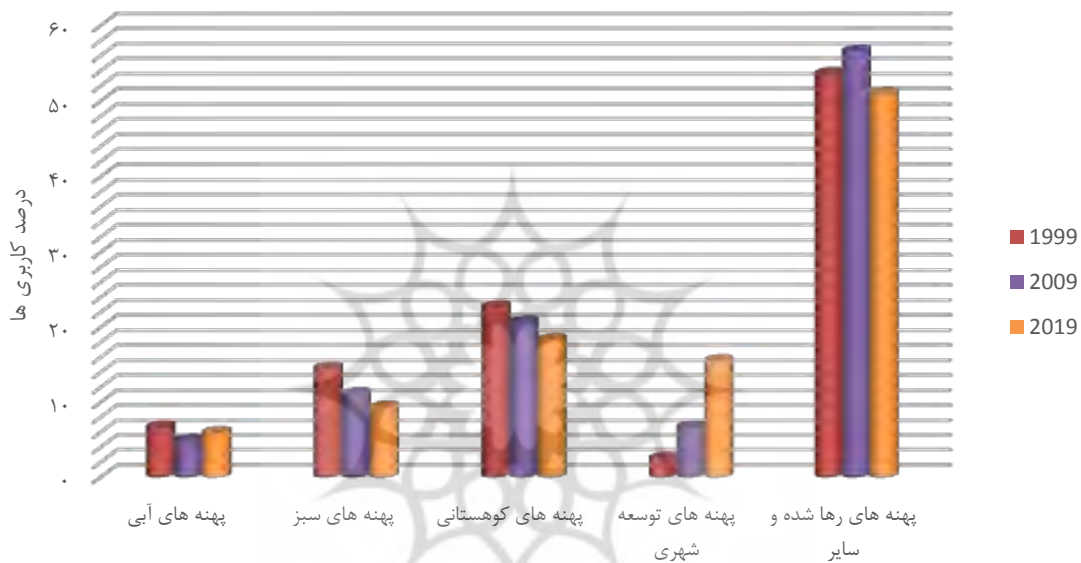
در تصویر شماره ۵ نکته قابل تامل افزایش میزان پهنه آبی بوده است. (میزان بارش در دو ماهه اول سال ۱۳۹۸ به نسبت ۱۰ ساله گذشته روندی قابل چشم گیر داشته است). از سوی دیگر پهنه توسعه شهری و شهر نیز روند افزایشی به نسبت ۱۰ ساله اول خود داشته است. از سوی دیگر نیز میزان پهنه سبز به مراتب در کمترین میزان در ۱۰ سال اخیر خود قرار گرفته است. مراتع کوهستانی عملا در نقاط جنوبی استان از بین رفته است.

جدول ۳: پهنه‌های مورد تحلیل در نقشه‌های ماهواره‌ای

۲۰۱۹		۲۰۰۹		۱۹۹۹		
درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	
۵,۹	۱۹۱۳۸	۴,۹	۱۷۳۳۱	۶,۷	۲۶۰۷۵	پهنه‌های آبی
۹,۳	۳۰۲۱۹	۱۱,۱	۳۹۷۰۶	۱۴,۵	۵۶۱۴۳	پهنه‌های سبز
۱۸,۳	۷۲۵۸۴	۲۰,۷	۸۰۸۵۳	۲۲,۷	۸۷۵۲۶	پهنه‌های کوهستانی
۱۵,۵	۸۹۹۲۱	۶,۷	۲۰۴۸۶	۲,۵	۹۷۲۴	پهنه‌های توسعه شهری
۵۱	۱۵۹۷۳۴	۵۶,۶	۱۹۸۴۰۸	۵۳,۶	۲۰۶۹۳۱	پهنه‌های رها شده و سایر

ماخذ: نگارنده

در جدول شماره ۲ میزان تغییرات به نسبت ساله‌های مذکور بیان شده است.



نمودار ۲: درصد کاربری‌ها در سه بازه زمانی مختلف (ماخذ: نگارنده)

در جدول شماره ۲ میزان تغییرات به درصد در سه سال مختلف مورد بررسی قرار گرفته شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود پهنه آبی در سال ۲۰۰۹ به کمترین میزان خود رسیده و در سال ۲۰۱۹ روند افزایشی داشته است از سوی دیگر پهنه‌های سبز (مراتع) رو به کاهش بوده است. پهنه‌های کوهستانی نیز به دلیل وجود منابع و مخازن خاکی در محدوده مورد استفاده و تخریب قرار گرفته است.

بعد از تهیه نقشه کاربری، اطمینان از صحت نقشه‌های به دست آمده، ضروری است. روش مورد استفاده در این پژوهش استفاده از الگوریتم Confusion Matrix که بر مبنای مقایسه تصاویر طبقه‌بندی شده بر روی زمین است. بدین منظور از نرم افزار TerrSet استفاده می‌کنیم.

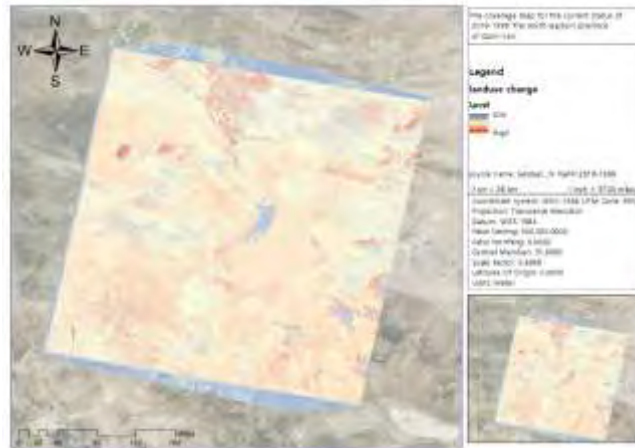
جدول ۴: صحت نقشه با استفاده از نرم افزار TerrSet

۲۰۱۹		۲۰۰۹		۱۹۹۹		
صحت کاربری	صحت تولید کننده	صحت کاربری	صحت تولید کننده	صحت کاربری	صحت تولید کننده	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹,۹۸	پهنه‌های آبی
۱۰۰	۱۰۰	۹۹,۹۹	۹۹	۱۰۰	۱۰۰	پهنه‌های سبز
۹۹,۳۶	۹۷,۳۰	۹۸,۲۰	۹۶,۴۵	۹۹,۳۶	۹۸,۴۱	پهنه‌های کوهستانی
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹,۹۹	۱۰۰	۹۹,۳۰	پهنه‌های توسعه شهری
۹۹,۱۲	۹۸,۴۲	۹۹,۶۸	۹۸,۶۶	۹۹,۳۱	۹۷,۱۵	پهنه‌های رها شده و سایر

ماخذ: نگارنده

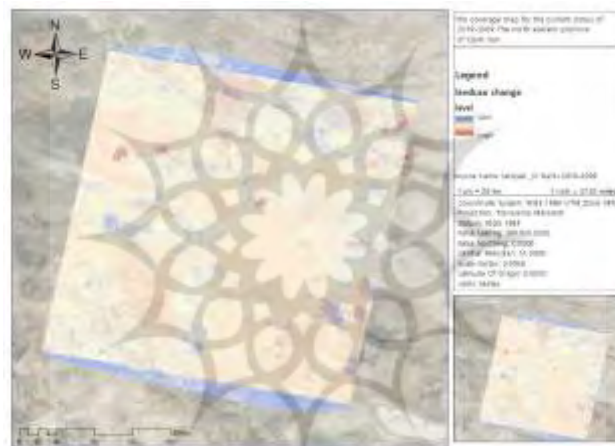
همانگونه که اعداد جدول بالا صحت طبقه بندی نشان میدهد در این مطالعه نتایجی با صحت بسیار بالا مورد پذیرش است. از تفسیر نقشه‌های کاربری تهیه شده به روش طبقه بندی نظارت شده مشخص گردید که روش طبقه بندی نظارت شده در تفکیک انواع پوشش اراضی و کاربری اراضی، نتایج مناسبی را حاصل و انواع کاربری اراضی به راحتی تفکیک می‌نماید (یغماییان مهابادی، ن. م. نادری خوراسگانی و ج. گیوی، ۱۳۹۰).

در ادامه برای نمایش میزان تغییرات به صورت مکانی و فضایی لایه‌ها به نسبت با هم مورد مقایسه قرار می‌گیرند.



تصویر ۶: میزان تغییرات به سال ۱۹۹۹ میلادی نسبت به ۲۰۱۹ م (ماخذ: نگارنده)

در تصویر بالا همانگونه که مشخص بوده است میزان تغییرات بیشتر در نواحی جنوبی و شمالی محدوده مطالعاتی است که در بررسی‌ها مشخص شد که نواحی جنوبی محدوده‌های شهری قم به شمار رفته و نواحی شمالی نیز محدوده شهری بوده. البته در نواحی دریاچه به نسبت سال ۱۹۹۹ با ۲۰۱۹ میزان تغییرات کمتر است. پهنه‌های سبز نیز از جمله پهنه‌هایی اند که در بازه ۲۰ ساله با تغییرات عمده‌ای رو به رو بوده است.



تصویر ۷: میزان تغییرات به سال ۲۰۰۹ میلادی نسبت به ۲۰۱۹ م (ماخذ: نگارنده)

اما در بررسی بین سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۰۹ میزان تغییرات بیشتر مرتبط به سطح آب دریاچه و کاهش محسوس مراتع در شمال محدوده مطالعاتی است.

### جمع بندی و نتیجه‌گیری

در مجموع مشخص شد که عمدتاً پهنه‌های سبز (مراتع و جنگل‌ها) با عمده تغییرات گسترده همراه بوده است. در کنار این موضوع با رشد و توسعه شهری به سمت نواحی جنوبی و شرقی روبه رو بوده ایم که سبب از بین بردن مراتع در بخش‌های شرقی شهر قم است. میزان تغییرات در سال‌های مطرحی در جدول شماره ۲ بیان شد. جدول مذکور بیانگر این موضوع بوده که نسبت ۱۰ ساله اخیر به نسبت ۲۰ سال تغییرات در پهنه‌های توسعه شهری و مراتع رخ داده و تغییرات پوشش پهنه‌های آبی به نسبت ۱۰ سال دوم با افزایش رو به رو بوده است.

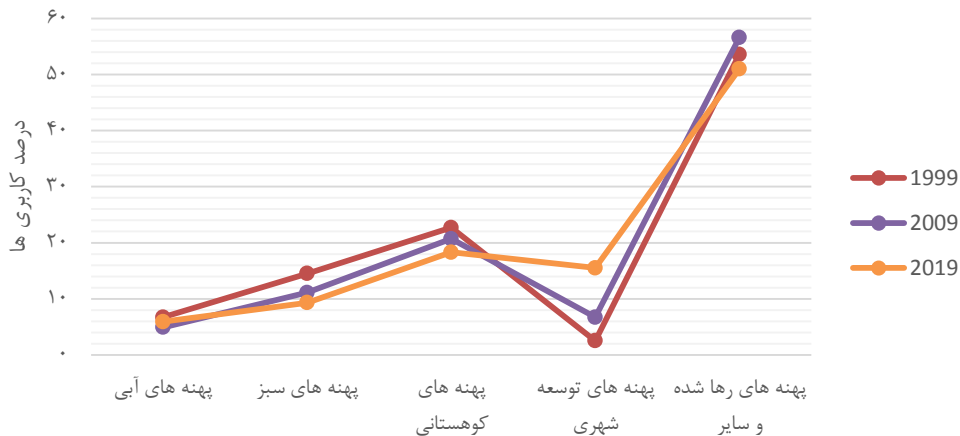
میزان تغییرات در پهنه شهری در سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۰۹ برابر با ۱۰۷۶۲ هکتار و در سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ برابر با ۱۳۹۲۴۸ هکتار بوده. این ارقام حاکی از گسترش پهنه شهریست.

جدول ۵: میزان تغییرات کاربری زمین در بازه‌های زمانی مختلف

۲۰۱۹-۲۰۰۹	۲۰۰۹-۱۹۹۹	۲۰۱۹	۲۰۰۹	۱۹۹۹	
هکتار	هکتار	هکتار	هکتار	هکتار	
-۶۹۳۷	-۸۷۴۴	۱۹۱۳۸	۱۷۳۳۱	۲۶۰۷۵	پهنه‌های آبی
-۲۵۹۲۴	-۱۶۴۳۷	۳۰۲۱۹	۳۹۷۰۶	۵۶۱۴۳	پهنه‌های سبز
-۱۴۹۴۲	-۶۶۷۳	۷۲۵۸۴	۸۰۸۵۳	۸۷۵۲۶	پهنه‌های کوهستانی
۸۰۱۹۷	۱۰۷۶۲	۸۹۹۲۱	۲۰۴۸۶	۹۷۲۴	پهنه‌های توسعه شهری
-۴۷۱۹۷	-۸۵۲۳	۱۵۹۷۳۴	۱۹۸۴۰۸	۲۰۶۹۳۱	پهنه‌های رها شده و سایر

ماخذ: نگارنده





نمودار ۳: اختلاف کاربری‌های در سه بازه زمانی (ماخذ: نگارنده)

نتایج این تحقیق نشان داد که ماهیت استفاده از متدهای سنجش از راه دور بسیار مفید بوده است چرا که میتوان میزان تغییرات در دوره‌های مختلف را مورد پایش و ارزیابی قرار داد و به نسبت آن برنامه‌ریزی‌های متناسبی انجام داد. از سوی دیگر میزان هزینه و زمان برای جمع‌آوری اطلاعات نیز تا حد محسوسی کاهش پیدا می‌کند.

متدها روش‌های مختلفی در راستای سنجش میزان تغییرات کاربری‌ها وجود داشته که تمامی این متدها به عنوان ابزاری برای کمک به سیستم مدیریت شهری و در وهله اول و در وهله دوم در مباحث کلان منطقه‌ای بوده است. در این پژوهش استان قم، در سطح کلان میزان تغییرات پوشش زمین آن مورد ارزیابی و بحث قرار گرفت و مشخص شد که این استان در یک بازه ۱۰ ساله اول با میزان تغییرات محدود و کم روبه‌رو بوده است؛ و عمده تغییرها در ۱۰ ساله اول متوجه تغییر در پهنه‌های سبز و آبی استان بود. در بررسی مطالعات طرح‌ها و اسناد مربوطه نیز این موضوع قابل مشاهده بوده است. ولی در ۱۰ سال دوم که مورد بررسی قرار گرفت مشخص شد که پهنه شهری روند توسعه‌ای به خود گرفته و روند کاهش پهنه‌های آبی متوقف و رو به بهبود است. ولی از سوی دیگر میزان تغییرات در پهنه سبز همچنان وجود داشته است.

#### منابع:

۱. بنیاد، ا.؛ و ط. حاجی قادری. (۱۳۸۶). تهیه نقشه جنگل‌های طبیعی استان زنجان با استفاده از داده‌های سنجنده ETM ماهواره لست. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶۲۷-۶۳۸.
۲. درویش صفت، علی اصغر و مهتاب پیری‌اوقار. (۱۳۹۱). سامانه اطلاعات جغرافیایی کاربردی، سازمان. انتشارات جهاد دانشگاهی.
۳. زبیری، محمود و علیرضا مجد. (۱۳۷۵). آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۴. ستوده، احد. (۱۳۸۹). کاربرد شاخص‌های سلامت اکولوژیک برای تعیین الگوی بهینه توسعه شهری در بیوم ایرانی تورانی. تهران: رساله دکتری، رشته برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.
۵. علی محمدی، عباس، علی جعفر موسی وند و سیاوش شایان. (۱۳۸۸). پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین‌های و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌های مارکوف. فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۱۷-۱۳۰.
۶. عیسی‌ئی، زهرا. (۱۳۹۳). مطالعه روند تغییرات کاربری/پوشش زمین با رهیافت بوم‌شناسی سیمایسرزمین (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه). ملایر: پایان‌نامه کارشناسی ارشد منابع طبیعی (گرایش محیط زیست)، دانشگاه ملایر.
۷. مالچفسکی، یاچک. (۱۳۹۰). سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌چند معیاری. (ت. ا. گیلانده، تدوین) تهران: انتشارات سمت.
۸. مخدوم، مجید، علی اصغر درویش صفت، هورفر جعفرزاده و عبدالرضا مخدوم. (۱۳۸۱). ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه اطلاعات جغرافیایی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۹. یغماییان مهابادی، ن. م. نادری خوراسگانی و ج. گیوی. (۱۳۹۰). رصد تغییرات تخریب اراضی منطقه اردستان استان اصفهان در سه دهه گذشته با استفاده از فناوری سنجش از دور. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۸۲-۷۱.
10. Herold M. Couclelis H. and Clarke K. C. (2005). The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Journal of Computers. Environment and Urban Systems*, 369-399.
11. Koolhoven, E. W. Hendrikse. W. Nieuwenhuis. B. Retsios. M. Schouernburg. (2005). *ILWIS 3.3 Academic*. TC, Netherland.
12. Lambin, E.F. and H. Geist. (2006). *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Springer.
13. Lausch A. and Herzog F. (2002). Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change: Issues of Scale. *Journal of Ecological Indicators*, 3-15.
14. Luck M., and Wu J. (2002). A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Arizona, USA: Landscape Ecology*.