

## الگوی پایش تحولات نظام کاربری اراضی در پیرامون شهر سقز با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای لندست

مصطفی طالشی<sup>۱</sup>

دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور و عضو قطب علمی توسعه پایدار محیط جغرافیایی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

جعفر ملکی

دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۱

### چکیده

نواحی جغرافیایی پیرامون فضاهای شهری به لحاظ تغییرات کاربری اراضی، بعنوان یکی از نواحی پرشتاب در تحولات کاربری اراضی بشمار می‌رود. این موضوع البته در روند توسعه شهری و فضای پیرامونی در شهرهای کوچک و متوسط به لحاظ منطقه‌ای دارای اهمیتی دوچندان است. زیرا این تغییرات باعث بستر سازی پدیده‌های ادغام، خزش و در مواردی نیز حاشیه نشینی را باعث می‌شود. از این رو الگوسازی فرایند پایش در فضای شهری و پیرامون بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش بمنظور شناخت تحولات مکانی - فضایی نظام کاربری اراضی در شهر سقز و پیرامون آن تحولات با ارزیابی پنج دوره تصاویر ماهواره‌ای لندست از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۹۲ (۱۹۷۷ تا ۲۰۱۳) و با کنترل و پیمایش میدانی اطلاعات جمع‌آوری شده مورد پایش قرار گرفته است. در روش شناسی این پژوهش ضروری پس از عملیات تصحیح هندسی، یکسان سازی، بارزسازی تصاویر، استخراج شاخص پوشش گیاهی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و طبقه بندی به روشهای مختلف انجام و در نهایت بهترین روش جهت طبقه بندی تصاویر (طبقه بندی هدایت شده به روش حداکثر احتمال) انتخاب و بر روی داده‌ها اعمال شد. نتایج حاصل از پژوهش حاکی از تفاوت تغییرات کاربری اراضی در پیرامون شهر سقز در دوره‌های مختلف زمانی است که شدیدترین مقدار تغییرات در مقایسه تصاویر سالهای ۱۳۷۹ (۲۰۰۰) و ۱۳۹۲ (۲۰۱۳) قابل مشاهده است. در این دوره سکونتگاههای روستایی صالح آباد و قوخ به لحاظ توسعه کالبدی در شهر سقز ادغام شده‌اند. از سوی دیگر بیشترین افزایش سطح مربوط به اراضی ساخته شده با تغییر از ۱۸ به ۲۵ درصد و بیشترین کاهش نیز مربوط به مراتع با کاهش از ۴۳ به ۳۰ درصد می‌باشد. شایان توجه است اراضی با کاربری کشاورزی و پوشش گیاهی نیز در کل دوره مورد پایش دارای نوسان بوده اما در کل کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهند.

**واژگان کلیدی:** پایش، تحولات کاربری اراضی، طبقه بندی تصاویر، شهر سقز

## مقدمه

رشد و توسعه شهری و پیامدهای مکانی فضایی عمده آن از یک سو گسترش فضایی شهرها و از سوی دیگر بسترسازی پدیده‌های همچون خورندگی و الحاق و تغییر کاربری اراضی مستعد کشاورزی پیرامون را باعث می‌شود. شناخت و آگاهی سازمان‌های اجرایی مختلف به ویژه مدیران شهری و متولیان آمایش و یا مدیران کشاورزی و منابع طبیعی از نحوه ایجاد تغییر و تحول در کالبد شهر و روستا و کاربری اراضی پیرامون آن و همچنین تحولات جمعیتی این مراکز انسانی می‌تواند به هدایت آگاهانه و ساماندهی مطلوب رشد شهر در آینده و در جهت اسکان مناسب جمعیت آتی و حفظ منابع با ارزش طبیعی و اراضی کشاورزی و پایداری شهری و سکونتگاههای روستایی پیرامون منجر شود.

در بازشناسی به ادبیات و پیشینه پژوهش، قدیمی‌ترین و بیشترین مقالات و ادبیات موجود درباره شهر و برنامه ریزی شهری مربوط به کالبد و سیستم کالبدی شهر است. مطالعات علمی، مبانی و الگوهای رشد شهری از دهه‌های اول قرن نوزدهم شروع شد، که منجر به ارائه نظریه‌های متعددی در این زمینه گردید. اولین نظریه‌ها عمدتاً ساختار فضایی - اجتماعی را مورد توجه قرار داده و توضیحی از الگوهای رشد شهری و ساخت داخلی شهر به طور همزمان ارائه کردند. دسته‌ای از این تئوریه‌ها در فشار برای رشد از مرکز تأکید داشتند که از آن جمله می‌توان به تئوری ساخت دواير متحدالمرکز ارنست برگس و همر هویت (۱۹۳۹) اشاره کرد. (مؤمنی، ۱۳۷۷: ۷۸). در این تئوری «ارنست برگس» الگوی دواير متحد المركز را در روند توسعه کالبدی فضایی شهر مطرح کرد. وی معتقد است در ابتدای پیدایش شهر، همه فعالیت‌های تجاری و صنعتی، همچنین منطقه واحدهای مسکونی در داخل دایره اول به وجود می‌آید. با گذشت زمان و توسعه تدریجی شهر، دایره اولی را دایره دیگری احاطه می‌کند زیرا مردم با افزایش فعالیت‌های بازرگانی، عمده فروشی، خرده فروشی و مراکز حمل و نقل، همچنین ایجاد هتلها سینماها و مراکز تفریحی، که ناگزیر به منطقه دیگری که در داخل قرار دارد نقل مکان می‌کنند (شکوئی، ۱۳۷۴: ۵۰۹) و این امر ادامه داشته و سبب رشد شهر در دواير بعدی و در نهایت منجر به تقسیم‌بندی شهر می‌گردد. پس از برگس «همر هویت» استقرار مسکن انسانی به تبع شرایط اقتصادی گروه‌های اجتماعی در جهت و سمت معینی از شهر شکل می‌گیرد، آنجا که عوارض نابهنجار جغرافیایی وجود ندارد و فضاهای باز و شرایط زیست محیطی مناسب و افق‌های آرام بخش طبیعی را با چشم اندازه‌های زیبا بتوان در اختیار طبقه مرفه جامعه گذاشت (فرید، ۱۳۸۴: ۱۴۵). تاشین و پارکر (۱۹۹۳) در مطالعه‌ای تحت عنوان ساماندهی اراضی جهت توسعه شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و در جهت توزیع کارآمد زمین و حل مشکلات ساماندهی اراضی شهری و مدل ساماندهی اراضی را بر مبنای GIS برای مدیریت بهتر در فرایندهای تغییر کاربری اراضی روستایی (کشاورزی) به شهری (مسکونی) تهیه کرده‌اند و در نتیجه آن مدیران شهری قادر خواهند بود گسترش فیزیکی شهر را تجدید سامان دهند.

دیان دروگ (۱۹۹۵) در پژوهشی تحت عنوان توسعه سریع پایدار شهری به این نتیجه دست یافت که علت توسعه سریع و پایدار شهر خالای پای مکزیکی ناشی از شبکه‌های باز حمل و نقل در ساختار شهری و توازن بین محیط با کیفیت شهری و توسعه اقتصادی پویا بوده است. همچنین یک رویکرد برنامه ریزانه را برای پیوستگی نواحی طبیعی و دیگر فضاهای باز را در زیربنای شهری پیشنهاد می‌کند. احمد و لاین (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای تحت عنوان کاربرد

GIS در مدیریت و برنامه ریزی اراضی شهر مونتسرات به این نتیجه دست یافتند که پروژه GIS آن‌ها در برنامه ریزی فیزیکی و توسعه زیر ساخت‌ها مفید و مبنای استواری برای تأسیس مرکز مطالعات ملی، به منظور تقویت تلاش دولت در بازسازی اقتصادی-اجتماعی شهر مونتسرات بوده است. گی بورژل مسأله دگرگونی شهرها را مورد بررسی قرار داده و بحران شهری، مشکلات حومه‌ها، تورم در مراکز شهری وجود جامعه‌ای با ویژگیهای متفاوت قبل از آنکه در خود شهر نمود داشته باشد، ایشان آن را در اندیشه‌ها و نگرش انسانها جای داده است (سید میرزایی، ۱۳۸۳).

لوپس و همکارانش (۲۰۰۱) با استفاده از ماتریس مارکوف و آنالیز رگرسیون به ارتباط بین رشد شهر و تغییر کاربری‌ها و جمعیت پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که بیشترین تغییرات در اراضی کشاورزی به وقوع پیوسته و این تغییرات را ناشی از رشد جمعیت شهر بوده است. اما مطالعاتی که در سطح دانشگاهی درباره موضوع توسعه فیزیکی شهر و همچنین تأثیر آن بر اراضی پیرامون در داخل کشور انجام شده قابل توجه بوده از جمله می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره شود. اصولاً سابقه پژوهش‌های انجام شده در زمینه گسترش فیزیکی شهرها در ایران، به طور آشکار به دوره حکومت پهلوی در فاصله‌ی سالهای ۱۳۵۷-۱۳۰۴ ه.ش (۱۹۷۹ - ۱۹۲۵ م) می‌رسد. در این دوره دولت برای اولین بار در تاریخ شهر نشینی و شهر گرایی بر آن می‌شود تا متأثر از افکار برون مرزی (غرب) چهره و سازمان شهر را دگرگون کند. به این ترتیب طرح گسترش فیزیکی ابتدا از تهران شروع می‌شود و به سایر شهرها نیز سرایت می‌کند. عزیز پور (۱۳۷۵) توسعه فیزیکی شهر تبریز را در ارتباط با مشخصات زمین شناسی، توپوگرافیکی خاک، آب شناسی و اقلیم شناسی منطقه مورد ارزیابی قرار داده و به این نتیجه دست یافته است که شهر تبریز مستعد انواع خطرات طبیعی نظیر زلزله، نشست زمین و آلودگی هوا و ... است و به علت محدودیت آب و زمین توسعه شهر با محدودیت جدی مواجه است. رسولی و همکاران (۱۳۸۳) در پژوهش خود با عنوان کاربرد تصاویر ماهواره‌ای با هدف تشخیص تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی تاثیرات محیط زیستی ضمن استفاده از تصاویر سنجنده های TM و ETM+ و با اعمال روش طبقه بندی نظارت شده الگوریتم حداکثر احتمال همانندی به این نتیجه رسیده‌اند که بیشترین افزایش کاربریها مربوط به کاربریهای مسکونی و صنعتی بوده و در مقابل بیشترین کاهش مربوط به مراتع باغات و اراضی دیم بوده است. پورمحمدی و همکاران (۱۳۸۷) به ارزیابی گسترش فضایی-کالبدی شهر زنجان با تاکید بر تغییر کاربری زمین طی دوره ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۴ با استفاده از دو مدل رگرسیون خطی و مدل کراس تب به عنوان دو مدل مکمل پرداخته و همبستگی و شدت وسعت و مکانیزم تبدیل و تغییر کاربری اراضی شهری زنجان را به عنوان برآیند و تجسم گسترش فضایی کالبدی بیان کرده‌اند.

### داده‌ها و روش کار

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق شهر سقز و اراضی پیرامون شهر واقع در محدوده قانونی و حریم طرح جامع به مساحت ۹۲۶۰/۹ هکتار از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۹۲ است. شهرستان سقز در شمال استان کردستان واقع گردیده است، که در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه و ۳۲ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۴ دقیقه و ۲۳ ثانیه قرار دارد. در این پژوهش به منظور دستیابی به روند انجام تحقیق الگوی فرایندی پژوهش تهیه و در شکل یک، چگونگی

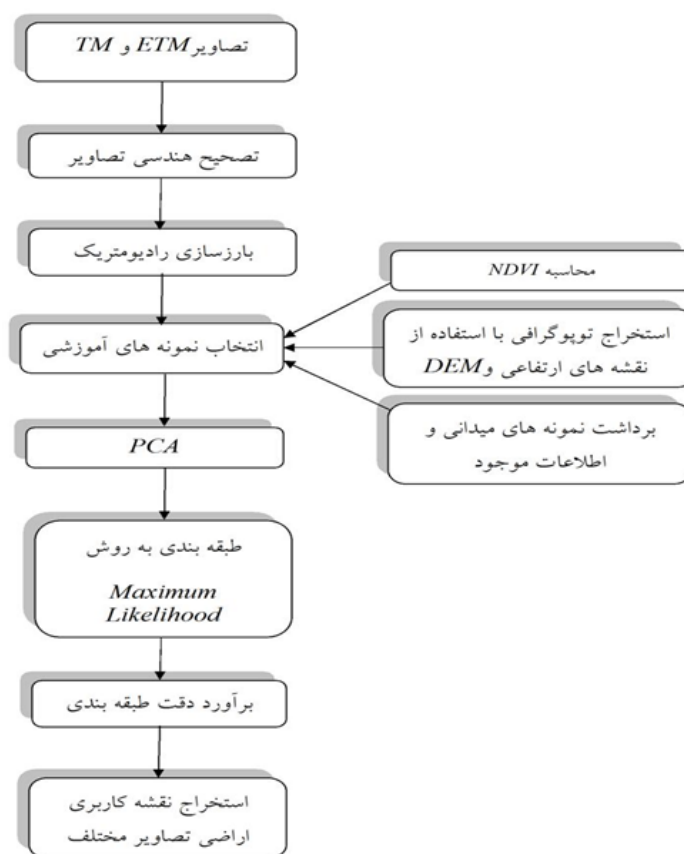
مراحل پژوهش آورده شده است. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سنجنده ۴TM و ۵ و ۷+ETM ماهواره لندست مربوط به گذر ۱۶۸ و ردیف ۳۵ استفاده می‌شود. تصاویر تهیه شده مربوط به فصل بهار و تابستان از سالهای ۱۳۵۶ (۱۹۷۷) تا ۱۳۹۲ (۲۰۱۳) است. قدرت تفکیک رادیومتریک تصاویر در باندهای حرارتی و انعکاسی ۸ بیت می‌باشد (جدول ۱).

جدول (۱): مشخصات تصاویر ماهواره لندست

ماهواره	سنجنده	تاریخ تصویر	اخذ	ردیف	تعداد باند
LANDSAT 7	ETM+	06-06-2013		35	9
LANDSAT 7	ETM+	05-06-2009		35	8
LANDSAT 7	ETM+	31-08-2000		35	8
LANDSAT 5	TM	30-06-1989		35	7
LANDSAT 4	MSS	30-6-1977		60	4

MAP\_PROJECTION:UTM3  
REFERENCE\_DATUM:WGS84 ZON:38

منبع: یافته‌های پژوهش



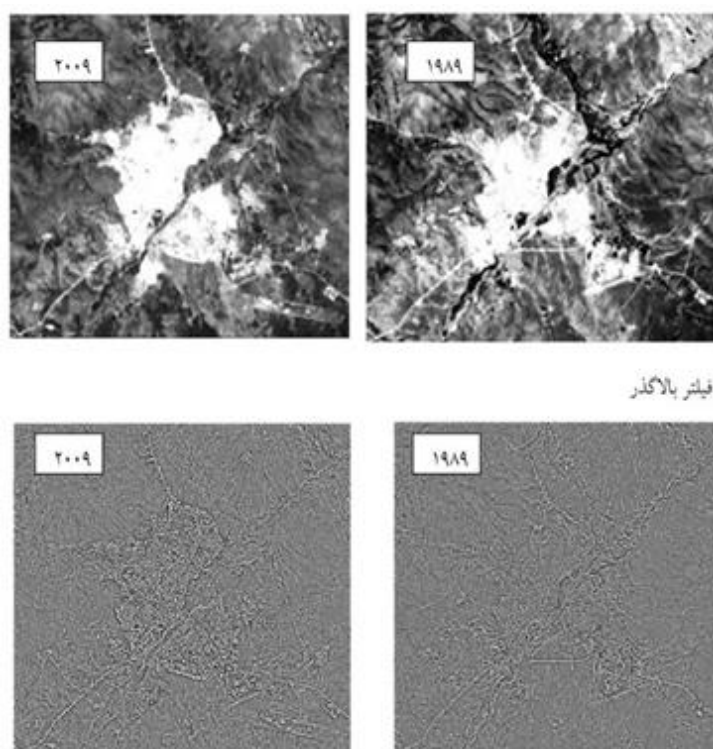
شکل (۱) الگوی فرایندی پژوهش

منبع: یافته‌های پژوهش

به منظور بازنگری اطلاعات از نقشه‌های توپوگرافی استان کردستان با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (تهیه شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح در سال ۱۳۸۲) نیز استفاده شده است. البته در راستای افزایش دقت نقشه‌های توپوگرافی،

- 1- Thematic Mapper
- 2- Enhanced Thematic Mapper
- 3- Universal Transvers Mercator

از داده<sup>۱</sup>های SRTM (که این داده‌های توپوگرافی زمین، توسط ناسا جهت تهیه مدل رقومی ارتفاعی تهیه می‌شود) نیز مورد استفاده قرار گرفت. از سوی دیگر در این تحقیق علاوه بر مطالعات میدانی و بررسی کاربریهای وضع موجود محل از نقشه‌های طرح تفصیلی و جامع شهر سقز (مهندسين مشاور تدبير شهر از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰) نیز بهره‌گیری شده است. به منظور پردازش اولیه تصاویر جهت بارسازی تغییرات، ابتدا داده‌های ماهواره‌ای پیش پردازش شده و با انجام این عملیات داده‌های ماهواره‌ای بهبود یافته و از وضوح بهتری برای انجام مراحل پردازش برخوردار می‌شوند. روش‌های مختلفی برای پیش پردازش وجود دارد، که می‌توان به تعدادی از آنها مانند فیلترگذاری<sup>۲</sup> (تصویر ۱)، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) (تصویر ۲) بارسازی<sup>۳</sup> تصویر (تصویر ۳)، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) (تصویر ۴) و تهیه تصاویر ترکیبی<sup>۴</sup> اشاره کرد (شفیعی، ۱۳۸۸: ۹).

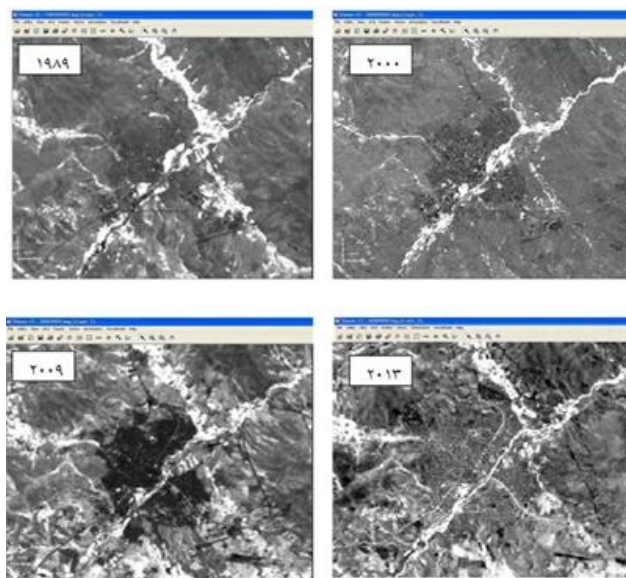


تصویر (۱) اعمال فیلتر بر روی تصاویر

منبع: نگارندگان

تمام تصاویر TM، MSS و ETM+ مربوط به سالهای مختلف به سیستم مختصات UTM تبدیل شدند. تصحیح هندسی باندهای حرارتی با وارد کردن آن در مجموعه داده‌های انعکاسی، و به همراه آن انجام گرفت. با بررسی تصاویر و انطباق آن با عکسهای هوایی و با توجه به بررسی‌های میدانی یکی از تصاویر که بیشترین تطابق را با وضع موجود نشان داد، به عنوان تصویر پایه برای تصحیح سایر تصاویر انتخاب گردید. در تمام مراحل فوق از روش بازنویسی نزدیکترین همسایه (Nearest Neighbor) استفاده شد تا عوارض دست نخورده باقی بماند و جابجائی در موقعیت پیکسلها ایجاد نشود.

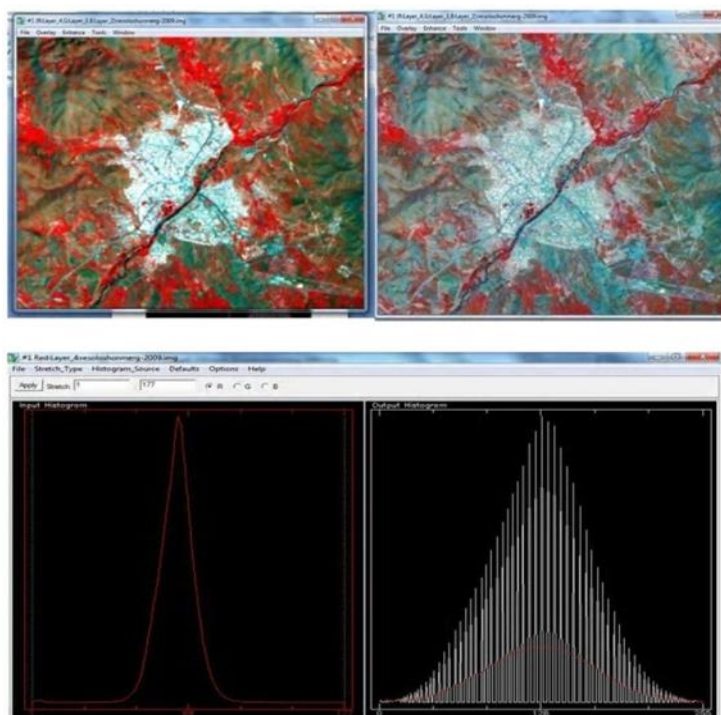
- 
- 1- Shuttle Radar Topographic Mission
  - 2-Filtering
  - 1-Image Inhancement
  - 3-Color Composite



تصویر شماره ۲: اعمال شاخص NDVI منبع: نگارندگان

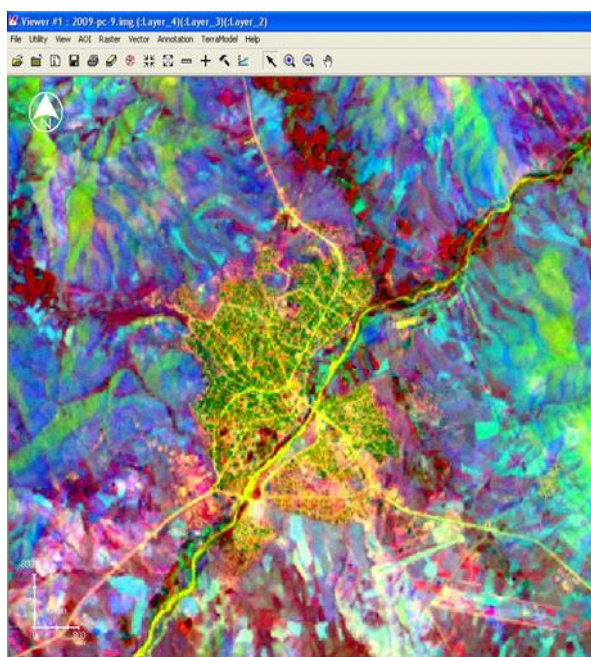
در مواردی که در تصاویر مناطق با پوشش گیاهی وجود داشته باشد از شاخصهای پوشش گیاهی استفاده می‌شود. به عنوان شاخصی از وضعیت پوشش گیاهی جهت استفاده در میان شاخصهای گیاهی موجود شاخص گیاهی نرمال شده یا NDVI انتخاب شد. این شاخص از شاخصهای گیاهی براساس شیب بوده و با استفاده از محدوده انعکاس و محدوده جذب پوشش گیاهی و نرمال‌سازی اعداد به محدوده -۱ تا ۱ به صورت زیر محاسبه می‌شود (Sobrino et.al,2004: 436)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} = \frac{TM_4 - TM_3}{TM_4 + TM_3} \quad \text{رابطه شماره (۱)}$$



تصویر (۳) بارزسازی به روش موازنه هیستوگرام منبع: نگارندگان

که به جای NIR باند ۴ و به جای RED باند ۳ جایگذاری شد. این شاخص در استخراج خصوصیات سطح در مواقعی که چتر گیاهی چندان مترکم نیست، می‌تواند مؤثر باشد (Van de Griend ۱۹۹۳ و Liang ۲۰۰۴). در این تحقیق مقادیر NDVI در تصاویر سالهای مختلف استخراج گردید. (تصویر ۴) اما به دلیل تفاوت در قدرت تفکیک مکانی و سطر و ستون تصاویر باندهای حرارتی و باندهای انعکاسی قبل از انجام مراحل تصحیح هندسی باندهای به ابعاد هم اندازه تبدیل گشته و پس از تغییر فرمت در مجموعه داده‌ها تصحیحات لازم به شرح زیر انجام شد. به نحوه تغییر و تبدیل یک تصویر سنجش از دور به صورتی که دارای مقیاس و سیستم تصویر شود تصحیحات هندسی گفته می‌شود. روشی مشابه تصحیحات هندسی که عمل آن تطبیق و یکسان سازی مختصات تصویر به نقشه و یا تصویر دیگری را به عهده دارد انطباق گفته می‌شود (ام میدز، ۱۳۷۷: ۱۷۱). برای اینکه بتوان داده‌های ماهواره‌ای چند زمانه را پردازش و تفسیر کرد، ابتدا لازم است که تصاویر چند طیفی ۱ چند زمانه ۲ به یک سیستم مختصات واحد تبدیل شوند. برای آشکارسازی و بازیابی تغییرات ۳ هم مختصات کردن چند زمانه از اهمیتی اساسی برخوردار است. زیرا که دقت عمل در هم مختصات کردن تصاویر می‌تواند بر نتایج حاصله تأثیر مستقیم داشته باشد (Twonshed et al, 1994: 1055).



تصویر شماره ۴: تحلیل مؤلفه‌های بر روی تصاویر PCA

منبع: نگارندگان

جهت انتخاب نقاط کنترل به منظور تصحیح تصاویر و شناسایی بهتر آنها، ابتدا عملیات بهبود کنتراست تصاویر ۴ انجام می‌شود. در این مورد سعی می‌شود نقاطی به عنوان نقاط کنترل انتخاب شوند که در تصاویر واضح و مشخص باشند و از جهت شناسایی و قابلیت دید مشکل نداشته باشند. مثال تقاطع جاده‌ها، شبکه‌های آب، مرزهای

- 
- 1- Multispectral
  - 2- Multi Temporal
  - 3- Change detection
  - 4- Contrast Enhancement

مشخص، شبکه و مرزهای اراضی زراعی و یا سایر پدیده‌هایی که به نوعی در تصاویر به صورت واضح و دقیق مشخص می‌باشند.

در این پژوهش ابتدا تصویر اول را با نقشه موجود انطباق داده و سپس این تصاویر با استفاده از این تصویر و با استفاده از پانزده نقطه کنترل برای هر تصویر تصحیح شدند. پس از انجام اصلاحات هندسی جهت بررسی میزان دقت خطای RMS، که بعنوان یک فاصله در سیستم مختصات مبدأ بیان می‌شود، جهت برآورد میزان خطا استفاده گردید. میزان خطای RMS به مقدار ۰,۴۵۱ پیکسل یا ۶,۷۶۵ متر به دست آمد که این مقدار برای تصاویر لندست تا نیم پیکسل قابل قبول می‌باشد. جدول (۲)

جدول شماره (۲) میزان خطا در تصحیح هندسی تصاویر به روش تصویر به تصویر

RMS error	y residual	x residual	point
0.451	0.2738	0.3584	GCP error

منبع: یافته‌های پژوهش

### شرح و تفسیر نتایج

برای سازمان دهی نتایج و تفسیر یافته‌های پژوهش ابتدا طبقه بندی تصاویر و کشف تغییرات، انتخاب نمونه‌های تعلیمی و برآورد خطای طبقه بندی مورد بررسی و سپس به تحلیل نتایج پرداخته می‌شود.

**طبقه بندی تصاویر و کشف تغییرات:** کشف تغییرات شامل کاربرد مجموعه داده‌های چند زمانه به منظور تشخیص بین مناطقی که پوشش زمینی آنها در زمانهای مختلف تصویر برداری تغییر یافته، می‌باشد. تغییرات به وجود آمده می‌تواند ناشی از پدیده‌های کوتاه مدت مثل پوشش برف یا سیلاب تا پدیده‌های بلند مدت نظیر توسعه مناطق شهری و یا پیشروی کویر باشد (لیلیساند و کی‌فر، ۱۳۸۰: ۱۵۷). جهت طبقه بندی تصاویر بعد از انجام تصحیحات لازم و بارسازی تصویر، با توجه به اینکه از روش طبقه بندی نظارت شده استفاده می‌شود لازم است ابتدا از منابع مختلف نمونه‌های تعلیمی از کاربری موجود انتخاب و در فرایند طبقه بندی مورد استفاده قرار گیرد که در زیر به بررسی آنها می‌پردازیم.

**انتخاب نمونه‌های تعلیمی:** یکی از مهمترین مراحل طبقه بندی به روش نظارت شده انتخاب و تعیین پیکسل‌های شاهد یا نمونه می‌باشد، در واقع انتخاب نمونه‌های تعلیمی در وضعیت طبقه بندی نقش زیادی دارد (لیلیساند و کیفر، ۱۳۸۰: ۱۱۹). جهت انتخاب این مناطق بازدیدهای صحرائی، استفاده از عکسهای هوایی و نقشه‌های موجود معمول بوده و همچنین از تصاویر چاپ شده به صورت رنگی کاذب و حتی آنالیز بصری تصاویر با رنگ کاذب از روی صفحه کامپیوتر می‌توان استفاده نمود (Richards, 1999: 58). از جمله نکات ضروری که در هنگام انتخاب مناطق آموزشی می‌بایست به آن توجه نمود، نحوه پراکندگی و تعداد نمونه‌هاست، در واقع موقعیت پراکندگی نمونه‌های تعلیمی در سرتاسر تصویر شانس اینکه این مناطق نمایانگر کل تغییرات طیفی پدیده‌های زمینی باشند را افزایش خواهد داد (لیلیساند و کیفر، ۱۳۸۰: ۱۱۹). نمونه‌های تعلیمی و نقاط انتخاب شده جهت طبقه بندی و سپس برآورد دقت طبقه بندی با توجه به مطالعات میدانی و برداشت نقاط توسط GPS (۱۰۰ نقطه) و مشاهدات بصری بر روی عکسهای هوایی سالهای ۱۳۴۶ و ۱۳۷۳ و ۱۳۸۷ و همچنین با استفاده از تصویر به روز شده گوگل متعلق به



سال ۲۰۱۳ انجام گردید. جهت طبقه بندی تصاویر در روش تلفیقی، طبقه بندی قطعات در چند مرحله و با استفاده از فنون نزدیک ترین همسایه و روش حداکثر احتمال (maximum likelihood) صورت گرفت. تصویر (۵)

جدول شماره (۳) برآورد صحت طبقه بندی تصویر سال ۲۰۱۳

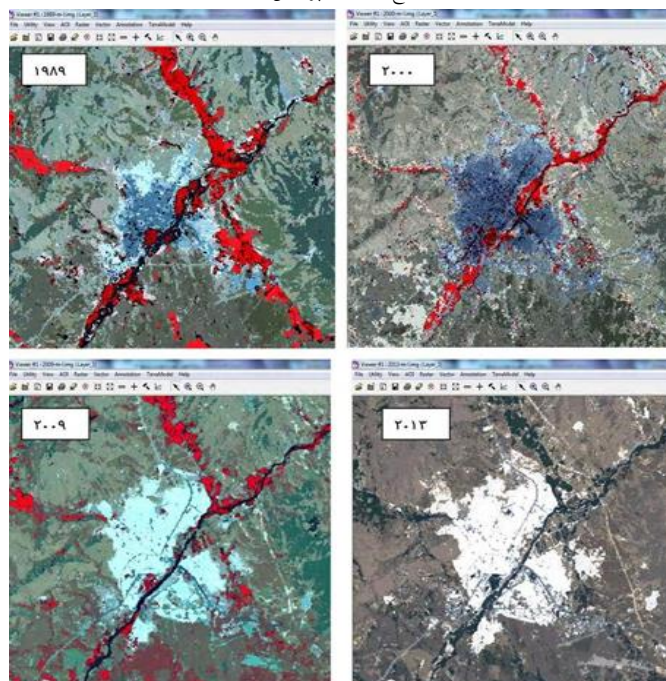
کلاس ها	کاپای شرطی	دقت تولید کننده	صحت کاربر
مراغ و اراضی بایر	۰/۷۱۷۱	۰/۷۰	۰/۷۳۶۹
زمینهای کشاورزی	۰/۷۹۳۷	۰/۷۶	۰/۸۰۶۴
پوشش گیاهی (درخت)	۰/۶۸۵۶	۰/۹۲	۰/۶۹۰۵
اراضی ساخته شده	۰/۷۸۵۸	۰/۸۸	۰/۸۶۷۵
سطوح آبی	۰/۸۵۴۳	۰/۸۷	۰/۹۰۴۸
دقت کلی طبقه بندی = ۷۶/۵۶٪			
آماره کلی کاپا = ۰/۷۵۰۷			

منبع: یافته های پژوهش

جدول شماره (۴) برآورد صحت طبقه بندی تصویر سال ۱۹۷۷

کلاس ها	کاپای شرطی	دقت تولید کننده	صحت کاربر
مراغ و اراضی بایر	۰/۸۳۶۱	۰/۸۰۵۶	۰/۸۴۹۱
زمینهای کشاورزی	۰/۸۶۱۵	۰/۸۳۵۲	۰/۸۷۰۵
پوشش گیاهی (درخت)	۰/۸۵۷۳	۰/۸۸۱۵	۰/۸۶۲۰
اراضی ساخته شده	۰/۸۹۹۷	۰/۹۰۹۵	۰/۹۰۳۶
سطوح آبی	۰/۹۷۰۰	۰/۹۴۷۴	۰/۹۷۲۲
دقت کلی طبقه بندی = ۸۷/۱۱٪			
آماره کلی کاپا = ۰/۸۶۱۵			

منبع: یافته های پژوهش



تصویر شماره (۵) طبقه بندی تصاویر به روش حداکثر احتمال منبع: نگارندگان

برآورد خطای طبقه بندی: پس از تهیه نقشه تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره ای چند زمانه دقت نقشه های تهیه شده ضروری است بدین ترتیب می توان گفت مرحله نهایی در تهیه نقشه تغییرات با استفاده از داده های ماهواره ای

چند زمانه، ارزیابی دقت آن می‌باشد. رایج‌ترین روش برای ارزیابی دقت نقشه‌های تولید شده روش جداول متقاطع (cross tab) است (LillesandKiefer, 1994:212).

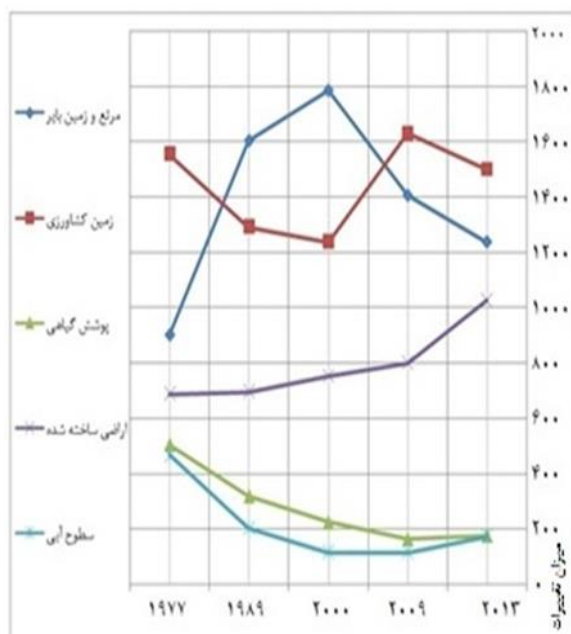
نتایج بررسی صحت سالهای ۱۹۷۷ و ۲۰۱۳ در جداول شماره (۳) و (۴) نشان می‌دهد که میزان دقت طبقه بندی در تصاویر سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۱۹۸۷ از دقت بالاتری برخوردار است. بعد از طبقه بندی تصاویر نتایج حاصل از سالهای مختلف و میزان تغییرات در دوره‌های مختلف محاسبه شده است (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه داده‌های بین دو تصاویر سالهای ۱۹۷۷ و ۲۰۱۳ (مبدأ و مقصد زمانی دوره مورد مطالعه) نشان دهنده کاهش در سطوح پوشش گیاهی، سطوح آبی و اراضی کشاورزی و افزایش سطوح ساخته شده می‌باشد. (نمودار ۳).

جدول شماره (۵) تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۹۲ در محدوده مورد مطالعه (بر حسب پیکسل)

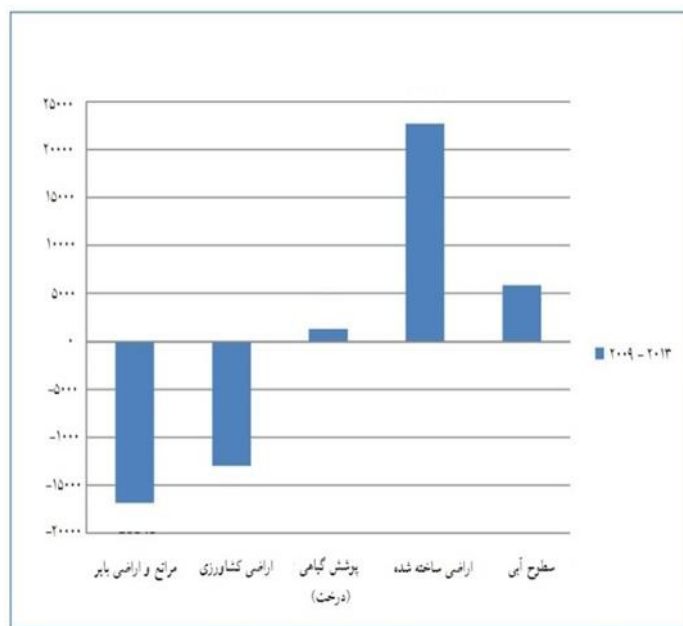
سال کاربری	۱۳۵۶/۱۹۷۷	۱۳۶۷/۱۹۸۹	۱۳۷۹/۲۰۰۰	۱۳۸۸/۲۰۰۹	۱۳۹۲/۲۰۱۳
زمین بایر و مرتع	۹۰۰۵۷	۱۶۰۳۳۴	۱۷۸۴۹۳	۱۴۰۵۰۳	۱۲۳۶۵۸
کشاورزی	۱۵۵۴۳۰	۱۲۹۲۵۸	۱۲۳۷۰۲	۱۶۲۹۹۱	۱۴۹۹۹۵
پوشش گیاهی (درخت)	۵۰۴۵۸	۳۱۸۸۸	۲۲۴۲۴	۱۶۳۶۸	۱۷۶۳۸
اراضی ساخته شده	۶۸۸۱۹	۶۹۷۱۶	۷۵۳۶۶	۸۰۱۲۸	۱۰۲۸۴۸
پوشش آبی	۴۶۸۳۴	۲۰۴۱۲	۱۱۶۱۳	۱۱۶۰۸	۱۷۴۵۹

منبع: یافته‌های پژوهش

اما تغییرات حاصله در کاربریهای مختلف در هر دوره متفاوت بوده به طوری که در مقایسه دو تصویر مربوط به سالهای ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ بیشترین کاهش در اراضی کشاورزی و مراتع به نفع اراضی ساخته شده و مراتع و اراضی بایر قابل مشاهده است (نمودار ۳). بیشترین افزایش سطح مربوط به اراضی ساخته شده با تغییر از ۱۸ به ۲۵ درصد و بیشترین کاهش نیز مربوط به مراتع با کاهش از ۴۳ به ۳۰ درصد می‌باشد. لازم به ذکر است اراضی کشاورزی و سطوح آبی و پوشش گیاهی نیز در کل دوره مورد مطالعه دارای نوسان بوده اما در کل کاهش نشان می‌دهد.



نمودار (۲) تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه (به تعداد پیکسل) در دوره ۱۹۷۷ تا ۲۰۱۳



نمودار (۳) تغییرات مقادیر کاربری در ۵ نوع کاربری در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳

منبع: یافته‌های پژوهش

### بحث و نتیجه گیری

یافته‌های پژوهش در دوره پایش نظام کاربری اراضی در شهر سقز حکایت از این دارد که روند تحولات کاربریهای شهری بویژه ساخت و سازه‌های همواره روبه رشد بوده است و این موضوع در حالی است که سطوح آبی، پوشش گیاهی (درخت)، اراضی بایر، مراتع و اراضی کشاورزی در محدوده مورد مطالعه به ویژه در فاصله سالهای ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ اراضی بایر، مراتع و اراضی کشاورزی کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهند. به طور کلی بیشترین افزایش سطح مربوط به اراضی ساخته شده با تغییر از ۱۸ به ۲۵ درصد و بیشترین کاهش نیز مربوط به مراتع با کاهش از ۴۳ به ۳۰ درصد می‌باشد. بدین ترتیب تحولات نظام کاربری اراضی در شهرهای متوسط و کوچک نظیر شهر سقز نشانگر توجه هوشمند مدیریت فضایی یکپارچه شهر و پیرامون است. البته شایان ذکر است که این مهم در راستای طرح ریزی سیاست‌های توسعه متوازن فضایی در پهنه‌های ملی و منطقه‌ای می‌باشد. زیرا در غیراینصورت با تخریب فضاها، کشاورزی بویژه در ناپایداری اقتصاد روستایی در حریم فضاها، مقدمات ایجاد پدیده‌های همچون خزش، ادغام سکونتگاه‌های روستایی در پیرامون شهر از یک سو و گسترش حاشیه نشینی و اسکان غیررسمی را از سوی دیگر در پی خواهد داشت.

### منابع

- ام میدز، پل (۱۳۷۷)، پردازش تصاویر سنجش از دور، ترجمه محمد نجفی دیسفانی، انتشارات سمت  
 پورمحمدی، محمد رضا (۱۳۸۷)، برنامه ریزی کاربری اراضی شهری، انتشارات سمت، چاپ چهارم  
 رسولی، علی اکبر، زرین بال، محمد، شفیعی، محمد (۱۳۸۸) کاربرد تصاویر ماهواره ای با هدف تشخیص تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی اثرات محیط زیستی، نشریه پژوهش آبخیزداری، دوره ۳۱،  
 سید میرزائی، سید محمد (۱۳۸۳)، نگاهی به آینده شهر، پژوهشنامه علوم انسانی، شماره ۲۱ و ۲۲، بهار و تابستان ۱۳۸۳

شفیعی، محمد (۱۳۸۸)، کاربرد تصاویر ماهواره‌ای با هدف تشخیص تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی تأثیرات زیست محیطی، پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۸۲

شکوئی، حسین (۱۳۷۳)، دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری، جلد اول، انتشارات سمت، چاپ دوم  
عزیزپور، محمد (۱۳۷۵) توان سنجی محیط طبیعی و توسعه فیزیکی شهر تبریز رساله دکتری رشته جغرافیا و برنامه رزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس

فرید، یدا... (۱۳۷۳)، جغرافیا و شهرشناسی، انتشارات دانشگاه تبریز،  
لیلیساند و کیفر (۱۳۸۰)، پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای، مترجم، ترجمه حمید الممیریان، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع نیروهای مسلح

مؤمنی، مصطفی، دهباشی، علی (۱۳۷۸) پایگاه علم جغرافیا در ایران، پایگاه جغرافیای شهری در ایران، انتشارات فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران

Aspinall, R., 2004. Modelling land use change with generalized linear models—a multi-model analysis of change between 1860 and 2000 in Gallatin Valley, Montana. *J. Environ. Manage.* 72, 91–103.

Chakir, Raja., & Le Gallo, Julie. 2013. Predicting land use allocation in France: A spatial panel data analysis. *Ecological Economics*, 92, 114–125.

Chen, Liang., & Nuo, Wang. 2013. Dynamic simulation of land use changes in port city: a case study of Dalian, china. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96, 981 – 992.

Erika, L., Eric, F., Lambin, A.C., Janetos, R.D., Frederic, A., Navin, R., Robert, J.S., 2005. A synthesis of information on rapid land-cover change for the period 1981–2000. *Bioscience* 55, 115–124.

Fischer, G., & Sun, L.X. 2001. Model based analysis of future land-use development in China. *Agric. Ecosyst. Environ.* 85, 163–176.

Gautam, A.P., Webb, E.L., Shivakoti, G.P., 2003. Land use dynamics and landscape change pattern in a mountain watershed in Nepal. *Agric. Ecosyst. Environ.* 99, 83–96.

Guan, D.J., Gao, W.J., Watari, K., Fukahori, H., 2008. Land use change of Kitakyushu based on landscape ecology and Markov model. *J. Geogr. Sci.* 18, 455–468.

Guan, DongJie., Li, HaiFeng., Inohae, Takuro., Su, Weici., Nagaie, Tadashi., & Hokao, Kazunori. 2011. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222, 3761– 3772.

Henk, C., & Latesteijn, V. 1995. Assessment of future options for land use in the European Community. *Ecol. Eng.* 4, 211–222.

Jose A. Sobrino, Juan C. Jimenez-Munoz, Leonardo Paolini (1994), Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5, *Remote Sensing of Environment* 90 (2004) 434 – 440

Kamusoko, Courage., Aniya, Masamu., Adi, Bongo., & Manjoro, Munyaradzi. 2009. Rural sustainability under threat in Zimbabwe – Simulation of future land use/cover changes in the Bindura district based on the Markov-cellular automata model. *Applied Geography*, 29, 435–447.

Kline, J.D., 2003. Characterizing land use change in multidisciplinary landscape-level analyses. *Agr. Resour. Econ. Rev.* 32, 103–115.

Li, H., & Reynolds, J. F. 1997. Modeling effects of spatial pattern, drought, and grazing on rates of rangeland degradation: a combined Markov and cellular automaton approach. In D. A. Quattrochi, & M. F. Goodchild (Eds.), *Scale in remote sensing and GIS* (pp. 211–230). Boca Raton, Florida: Lewis Publishers.

Li, X., Yeh, A.G.-O., 2002. Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS. *International Journal of Geographical Information Science* 16, 323–343.

Liang, Shunlin, *quantitative remote sensing of land surfaces*, John Wiley, 2004.

Lillesand, Thomas.M, Kicfer, Palph.W (1994), *Remote sensing and image interpretation*, John Willey & Sons Inc

- Mancosu, E., Gago-Silva, A., Barbosa, A., de Bono, A., Ivanov, E., Lehmann, A., & Fons, J. 2014. Future land-use change scenarios for the Black Sea catchment. *environmental science & policy*, in press. ENVSCI-1334; No. of Pages 11.
- Mengistu, D., Salami, A., 2007. Application of remote sensing and GIS in land use/land cover mapping and change detection in a part of south western Nigeria. *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* 1, 99–109.
- Muller, M.R., Middleton, J., 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology* 9, 151–157.
- Myint, S. W., & Wang, L. 2006. Multicriteria decision approach for land use land cover change using Markov chain analysis and a cellular automata approach. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32(6), 390–404.
- Patma, V., Sukaesinee, S., Viriya, L., Somjai, S., Vidhaya, T.G., Vichai, S., 2004. From forest to farmfields: changes in land use in undulating terrain of northeast Thailand at different scales during the past century. *J. Southeast Asian St.* 41, 444–472.
- Pijanowski, B.C., Brown, D.G., Shellito, B.A., & Manik, G.A. 2002. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a land transformation model. *Comput. Environ. Urban Syst.* 26, 553–575.
- Richards, J.A. (1999), *Remote sensing digital image analysis an introduction*, Springer
- Schaldach, R., Priess, J.A., Alcamo, J., 2011. Simulating the impact of biofuel development on country-wide land-use change in India. *Biomass and Bioenergy* 35 (6), 2401–2410.
- Shao, J.G., Ni, J.P., Wei, C.F., Xie, D.T., 2005. Land use change and its corresponding ecological responses: a review. *J. Geogr. Sci.* 15, 305–328.
- Silverton, J., Holtier, S., Johnson, J., & Dale, P. 1992. Cellular automaton models of interspecific competition for space—the effect of pattern on process. *Journal of Ecology*, 80, 527–534.
- Suzanchi, Kianoush., & Kaur, Ravinder. 2011. Land use land cover change in National Capital Region of India: a remote sensing & GIS based two decadal spatialtemporal analyses. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 21, 212–221.
- Twonshed, R.G., Mcmanus, J. (1992), The impact of misregistration on change detection, *IEEE Trans Geosci and Remote Sensing*, Vol 30, No 5, 1054–1060
- Van de Griend, A. A., & Owe, M. (1993). On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 14(6)