

Research Article

Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.1.19.6

Evaluation of techniques for detecting land use changes using satellite images and GIS (Case Study: Kermanshah city)

Saleh Arekhi^{1*}

*Associate Professor, Department of Geography and Geographical Information Systems,
Faculty of Humanities Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran.*

ABSTRACT

Introduction: Today, urban sprawl and population growth in them is due to migration of people looking to find a better life as one of the main concerns of urban managers. At present, Kermanshah city is the largest city in western Iran and due to its strategic position is following fast growing trend. Remote sensing and satellite images are very useful tools for studying land use changes in different periods.

Research aim: The aim of this study is to examine the changes of land use in the city of Karmanshah during the period 1996 to 2021.

Methodology: In this study, Landsat satellite images of 1996 and 2021 were prepared, and then geometric and radiometric corrections were carried out on them. Then, various change detection techniques such as principal component analysis, tasscap transformation (greenness, lightness), and normalized difference vegetation index (NDVI) and also with use of fuzzy neural network supervised classification method, land cover maps in both periods were prepared.

Studied Areas: The geographical territory of this research is Kermanshah city

Results: The results showed that among the main components, the PCA₂ index shows well increasing and decreasing changes and among tasscap components, greenness index shows well decreasing and no-change changes, while that the moisture index were displayed increasing land use changes with high precision. Also, the accuracy and result of NDVI is very close to the greenness index.

Conclusion: The results of the study showed an annual increase rate of urban areas of 109/6 hectares in the year which the greatest decrease was in agricultural and barren lands.

KEYWORDS: Change detection, urban land use, Principal component analysis, Tasscap transformation, Fuzzy neural network, Kermanshah City



فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی

دوره ۱۹، شماره ۳ (پیاپی ۶۸)، پاییز ۱۴۰۳

شاپای چاپی ۵۹۶۸-۲۵۳۸ شاپای الکترونیکی ۵۹۵۸-۲۵۳۸

<http://jshsp.iaurasht.ac.ir>

صص. ۲۵۶-۲۳۹

Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.1.19.6

مقاله پژوهشی

ارزیابی تکنیک‌های پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS (مطالعه موردی: شهر کرمانشاه)

صالح آرخی*

دانشیار، گروه جغرافیا و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

چکیده

مقدمه: امروزه گسترش شهرها و افزایش جمعیت در آنها به خاطر مهاجرت مردم به دنبال یافتن و دسترسی به زندگی بهتر به عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران شهری مطرح است. شهر کرمانشاه در حال حاضر بزرگترین شهر منطقه غرب ایران است که به خاطر موقعیت استراتژیک آن، روند رو به رشد سریعی را دنبال می‌کند. سنجش از راه دور و تصاویر ماهواره‌ای ابزار بسیار مناسبی برای بررسی تغییرات کاربری اراضی در دوره‌های زمانی مختلف می‌باشد. **هدف:** هدف این مطالعه، بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر کرمانشاه در فاصله زمانی سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۴۰۰ می‌باشد.

روش‌شناسی تحقیق: در این مطالعه، ابتدا، تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM و OLI مربوط به سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۴۰۰ تهیه شده و تصحیحات هندسی و رادیومتریکی بر روی آنها صورت گرفت. سپس روش‌های پایش تغییر مولفه‌های اصلی، تبدیل تسلدکپ (شاخص‌های سبزیگی و رطوبت)، NDVI و همچنین روش طبقه‌بندی نظارت شده شبکه عصبی فازی، برای ارزیابی روند تغییرات آنها در دو دوره زمانی تهیه گردید.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: قلمرو جغرافیایی این پژوهش، شهرستان کرمانشاه می‌باشد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در بین مولفه‌های اصلی، شاخص PCA₂ تغییرات کاهشی و افزایشی را بخوبی نمایش می‌دهد و در بین مولفه‌های تسلدکپ، شاخص سبزیگی تغییرات کاهشی و بدون تغییر کاربریها را بخوبی نمایش می‌دهد، در حالی که شاخص رطوبت، تغییرات افزایشی کاربری اراضی را با دقت بالایی نمایش می‌دهند. همچنین دقت و نتیجه شاخص NDVI بسیار به شاخص سبزیگی نزدیک است.

نتایج: نتایج طبقه‌بندی نظارت شده حاکی از افزایش سالیانه مناطق شهری به میزان ۱۰۹/۶ هکتار در سال بوده که بیشترین کاهش در کاربری‌های کشاورزی و اراضی بایر بوده است.

کلیدواژه‌ها: پایش تغییرات، کاربری شهری، آنالیز مولفه اصلی، تبدیل تسلدکپ، شبکه عصبی فازی، شهر کرمانشاه.

مقدمه

در چند دهه اخیر، گسترش شهرها یکی از مسائل پراهمیت می‌باشد که کشورهای در حال توسعه از جمله ایران با آن روبرو می‌باشند. شهرنشینی با ایجاد گسترده‌ترین دستکاری‌های بشری در چهره طبیعی زمین، شرایط زندگی ساکنان شهری را در معرض تهدید و نابودی قرار داده است. در هر حال، توسعه شهری و تغییرات الگوهای کاربری زمین باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست محیطی می‌گردد. این تأثیرات شامل کاهش فضاهای طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، کاهش اراضی کشاورزی با توان تولید بالا، تأثیر بر زهکشی‌های طبیعی و کاهش کیفیت آب است (Pauchard et al., 2006: 274; Bella & Irwin, 2002: 220). اینها به نوعی با تغییر الگوهای کاربری زمین بر اثر فعالیتهای انسانی مرتبط اند، لذا درک چگونگی تغییرات کاربری و پوشش زمین، چه از نظر کمیت تغییرات و چه از نظر الگوی مکانی آن به دلیل اثرات گسترده بر محیط زیست، چرخه‌های آبی، زیستگاههای طبیعی و مانند اینها، حیاتی به نظر می‌رسد.

پوشش اراضی در کلان شهرها از نظر مکانی بطور مداوم در حال تغییر است، برنامه‌ریزان باید قادر به بهره‌گیری از داده‌های بهنگام شده پایگاه داده‌ها باشند تا نحوه پراکنش واحد های کاربری اراضی را نشان دهند. سنجش از دور می‌تواند منبع مناسبی برای تهیه داده‌ها به منظور تهیه نقشه انواع پوشش اراضی و کاربری اراضی و همچنین پایش محیط زیست باشد (3057-3078: Zhang et al., 2002). پایش تغییرات کاربری اراضی در بازه‌های زمانی از طریق تکنیک سنجش از دور در مدت زمان کوتا‌تر، با هزینه کمتر و با دقت بالاتر حاصل می‌شود (Kachhwaha, 1985: 276-281). تلفیق سنجش از دور و داده‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی در کاهش هزینه، کوتاه نمودن زمان و افزایش جزئیات و دقت اطلاعات می‌تواند بسیار موثر باشد. طبق برآوردی که لینگساکول و همکاران (۱۹۹۳) نموده با استفاده از اطلاعات رقومی می‌توان در حدود ۶۰-۸۰٪ در زمان صرفه جویی نمود (Liengsakul et al., 1993: 293-307).

تحقیقات متعددی در زمینه تغییرات کاربری در سطح شهرها انجام شده است. آندر سون (۲۰۰۲) از چهار روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، تفاضل باند قرمز تصویر، آنالیز مولفه اصلی و آنالیز برداری تغییر برای پایش تغییرات کاربری در دو منطقه لاس و گاس با آب و هوای نیمه خشک که دارای پوشش اندک گیاهی می‌باشد و منطقه آتلانتا استفاده نمود. ایشان نتیجه گرفت که برای منطقه اول، دو روش تفاضل باند قرمز تصویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی دقت بهتری نسبت به روش‌های دیگر دارند، در حالی که برای منطقه دوم، روش‌های آنالیز مولفه اصلی و آنالیز برداری دارای دقت‌های بالاتری در نشان دادن تغییرات کاربری ها می‌باشند (Anderson, 2002: 220). رید و لو (۱۹۹۸) روش‌های تفاضل تصویر، رگرسیون تصویر، تبدیل تسلدکپ یا KT و روش تبدیل کای اسکوتر را جهت بررسی پایش تغییر کاربری اراضی شهری در دره دریاچه نمک با استفاده از داده‌های ماهواره لند ست TM را مقایسه نمودند و دریافتند که روش تفاضل باند ۳ لند ست TM بهترین روش است (Ridd & Liu, 1998: 95-100). پراکاش و گوپتا (۱۹۹۸) برای پایش تغییرات کاربری اراضی در یک منطقه استخراج معدن در هند از روش تفاضل تصویر، نسبت‌گیری تصویر و تفاضل NDVI استفاده کردند و دریافتند هیچ‌گونه تفاوت قابل توجهی بین این روش‌ها در پایش تغییر کاربری اراضی در این مطالعه وجود ندارد و هر روش مزایای خود را دارد (Parakash & Gupta, 1998: 391-410). گویرگویس و همکاران^۱ (۱۹۹۶)، آنالیز مولفه اصلی استاندارد شده و استاندارد نشده، تفاضل تصویر و نسبت‌گیری تصویر را مقایسه کردند. آنها دریافتند که تجزیه مولفه اصلی استاندارد شده قابلیت شناسایی بهتر تغییرات نسبت به سایر روش‌ها را دارد. مطالعات دیگری نیز صورت گرفته که نتایج آنها نشان می‌دهد، آنالیز مولفه اصلی استاندارد شده در پایش تغییر نسبت به آنالیز مولفه اصلی غیر استاندارد قابل اطمینان‌تر است (سینگ و هریسون^۲، ۱۹۸۵: ۸۸۹؛ فانگ و لدرو، ۱۹۸۸: ۱۴۵۱؛ اکلوند و سینگ^۳، ۱۹۹۳: ۱۳۶۴). سونار^۴ (۱۹۹۸) روش‌های تفاضل تصویر، آنالیز مولفه اصلی و مقایسه پس از طبقه‌بندی را برای پایش تغییر در پوشش زمین در منطقه ایکتیلی استانبول ترکیه مقایسه کرده و دریافتند که روش‌های آنالیز مولفه اصلی و مقایسه پس از طبقه‌بندی نسبت به تغییرات، تفاوت‌های برجسته‌ای دارند. در عین حال هر کدام از روش‌های مورد استفاده برخی مزیت‌ها با توجه به محتوای اطلاعات یا قابلیت تفسیر دارند. Shafie (۲۰۰۴)، در پژوهشی در دشت قزوین از روش‌های تفاضل تصاویر، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، طبقه‌بندی تصویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی برای آشکارسازی تغییرات استفاده کرد. نتایج مطالعات

¹ - Guirguis

² - Singh & Harrison

³ - Eklandh & Singh

⁴ - Sunar

وی نشان داد که روش طبقه‌بندی و مقایسه بعد از آن بهترین روش بوده است و نوع تغییرات نیز در این روش مشخص می‌شود. برای آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر TM در منطقه جنوب تهران با فاصله زمانی شش سال از روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و منطق فازی استفاده شد که در این پژوهش قاسمیان و غیاثوند از تصاویر باقی‌مانده و آنالیز رگرسیون توانستند تغییرات و عدم تغییرات کاربری اراضی را تشخیص دهند (قاسمیان یزدی و غیاثوند، ۱۳۷۸: ۷). Sepehry و Liu (۲۰۰۶) از تکنیک‌های مختلف تعیین تغییر شامل مقایسه بعد از طبقه‌بندی، تفاضل تصویر و تفاضل NDVI و آنالیز برداری تغییرات برای تهیه نقشه کاربری اراضی تحت تأثیر سیل استفاده کردند. نتایج مطالعات آنان نشان داد که از بین تکنیک‌ها، تکنیک‌های تفاضل تصویر و آنالیز برداری تغییرات در تهیه نقشه مناطق تغییر یافته- تغییر نیافته تحت تأثیر سیل بیشترین دقت را داشته است. بربروگلو و آکین (۲۰۰۹) تکنیک‌های تفریق تصویر، نسبت‌گیری تصویر، رگرسیون تصویر و آنالیز خطی تغییر را برای ارزیابی تغییر کاربری/پوشش اراضی در شرق مدیترانه مقایسه نمودند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که آنالیز بردار تغییر، دقیق‌ترین مدل برای بررسی تغییر کاربری/پوشش اراضی در شرق مدیترانه است و تکنیک نسبت‌گیری تصویر کمترین دقت را بین سایر روش‌ها داشت. در این مطالعه روند تغییرات کاربری اراضی نیز بررسی گردید. جبار و ژو (۲۰۱۱) با استفاده از تکنیک‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به پایش تغییرات اکومحیطی استان بصره در جنوب عراق در بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۰۳ پرداخته و فرایندهای بیابان‌زایی، شوری، شهرنشینی، تخریب پوشش گیاهی و نابودی تالاب‌ها را به عنوان عوامل تخریب اکومحیطی منطقه شناسایی نمودند. ال‌رواشده (۲۰۱۲) مطالعات محیطی مناطق شرق اردن با استفاده از تصاویر لندست در بازه ۱۹۸۳-۲۰۰۴ به بررسی پایش تغییرات براساس شاخص NDVI پرداخت و بیان داشت که کارایی این روش در شناسایی تغییرات مناطق تخریب شده به واسطه افزایش شوری در نتیجه پمپاژ بی‌رویه آب‌های زیرزمینی مفید می‌باشد. آروبلالاجی و گروگنانام (۲۰۱۴) با استفاده از سنجش از دور در یک بازه زمانی ۱۶ ساله اقدام به پایش تغییر کاربری اراضی در محدوده سالم در جنوب هند نمودند و بیان داشتند که بیشترین تغییرات در مرکز محدوده مطالعاتی رخ داده و سناریوی توسعه اجتماعی- اقتصادی این منطقه که تأثیرگذار بر منابع آب و منابع معدنی است، عامل این تغییرات می‌باشد. مادوراپروم و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از داده‌های دورسنجی و روش طبقه‌بندی نظارت شده در بازه زمانی ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۱ به مطالعه شناسایی تغییرات کاربری اراضی در حوضه پیپستن کریک در داکوتای شمالی پرداخته و بیان می‌دارد که داده‌های دورسنجی الگوی تغییرات پوشش زمین را به صورت رقومی درآورده و می‌تواند به عنوان یک ورودی ضروری در سیاست‌های مدیریت اراضی لحاظ شود. Jin و همکاران (۲۰۱۷) به منظور به روزرسانی اطلاعات کاربری اراضی ملی منطقه آلاسکا، تغییرات کاربری اراضی را در این منطقه طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ و با استفاده از تصاویر ماهواره لندست آشکار سازی نمودند. در این میان شاخص‌های گوناگونی نظیر NDWI، شاخص آشکار سازی سایه و شاخص یخ و برف محاسبه، نقشه پوشش گیاهی منطقه به روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی شد و به روش تسلسلک تغییرات طی سال‌های مذکور آشکار سازی شد. نتایج نشان داد دقت کل در تعیین مناطق با تغییرات و بدون تغییرات در حدود ۹۰ درصد بوده است که این مقدار در نقشه‌های به روزرسانی شده سال ۲۰۱۱ به ۸۶ درصد رسیده است. بنابراین با توجه به دقت مناسب روش پیشنهادی از آن برای کل منطقه آلاسکا و به روزرسانی نقشه‌های پوشش گیاهی استفاده شده است.

زهرا محمد اسماعیل تغییرات کاربری اراضی شهر کرج را در فاصله زمانی بین سالهای ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۱ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺ مورد بررسی قرار داده، ایشان از طبقه‌بندی نظارت شده و شاخص‌های روشی و سبزی‌نگی برای این کار استفاده نمود. حاصل کار نشان داد که هر سال حدود ۳۰۰/۶ هکتار بر وسعت اراضی ساخته شده شهر کرج در این فاصله زمانی اضافه شده است. سامره فلاح‌تکار و همکاران تغییرات پوشش اراضی شهر اصفهان را بین سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۰ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست مورد بررسی قرار دادند، آنها به این نتیجه رسید که بیشترین افزایش در کاربری شهری با متوسط ۵۷۱ هکتار در هر سال رخ داده است (فلاح‌تکار و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۸۸-۳۹۵). قراگوزلو و همکاران (۱۳۸۸) به تغییرات کاربری اراضی منطقه ۵ شهر تهران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده ETM⁺ و تصویر ماهواره IKONOS پرداختند، نتایج کار آنها نشان از افزایش مساحت مناطق مسکونی می‌داد. احدنژاد (۲۰۰۲) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تغییرات پوشش اراضی در بخشی از آذربایجان شرقی را مطالعه نموده است. وی کاربری‌های اراضی را در ۱۰ کلاس طبقه‌بندی نمود و نشان داد که گسترش کاربری شهری بیشترین اثر را در کاهش کاربری باغات داشته است. مهدی ثابت سروستانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های TM، MSS و ETM⁺، تغییرات کاربری‌های شهر شیراز را در فاصله زمانی سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۴

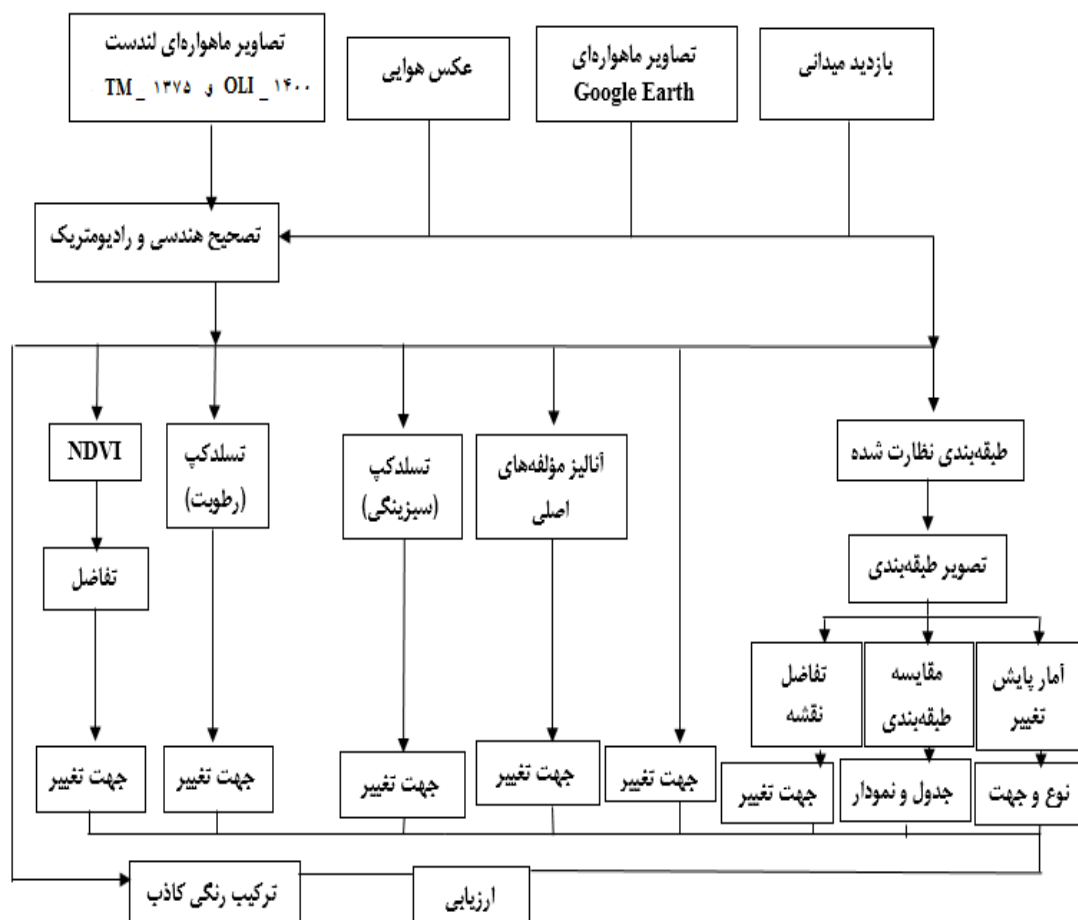
به روش طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال مورد بررسی قرار داد. وی کاربریها را به ۳ دسته مناطق ساخته شده، بایر و مناطق پوشیده از گیاه طبقه بندی نمود، نتایج کار ایشان حاکی از تقریباً ۳ برابر شدن مناطق ساخته شده می باشد. موسوی و همکاران (۱۳۹۴) در بازه زمانی ۳۸ ساله و با استفاده از سنجنده های TM، MSS، ETM⁺ و OLI، تغییرات کاربری حوضه ابرکوه را به کمک الگوریتم های تسلدکپ و تحلیل مولفه مبنا مورد ارزیابی و پایش قرار دادند. نتایج طبقه بندی حاکی از بارزسازی هفت نوع کاربری است که سال ۲۰۱۴ با مقادیر ضریب ۸۲ درصد و دقت کل ۰/۷۶ بالاترین دقت را داشت. میرمحمدصادقی و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از ۳ تصویر ۲۰۰۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ ماهواره لندست با سه روش (تفاضل تصویر، تفاضل شاخص پوشش و تفاضل تسلدکپ) به آشکار سازی تغییرات پوشش گیاهی و پهنه آبی تالاب های چغاخور و سولگان پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید، روش تسلدکپ با دقت کل و ضریب کاپای ۸۸/۳۴ و ۰/۸۳ نسبت به دو روش دیگر توانسته است تغییرات را به خوبی آشکار سازی نماید. بررسی های انجام شده تا کنون یک روش منحصر به فرد برای تمام موارد را نشان نمی دهند. انتخاب یک روش مناسب پایش تغییر به دانش تحلیل گر در زمینه روش های پایش تغییر و مهارت در به کار بردن داده های سنجش از دور، داده های تصویری مورد استفاده و مشخصات منطقه مورد مطالعه دارد. به خاطر سختی شناسایی یک روش مناسب، در عمل روش های مختلف پایش تغییر برای فراهم کردن بهترین نتیجه بر اساس ارزیابی درستی یا ارزیابی کیفی مقایسه و آزمایش می شود.

روش های پایش تغییر به دو دسته پیش پردازش و پس پردازش تقسیم می شوند. روش های پیش پردازش فقط قادرند تغییرات رخ داده در منطقه را در سطح پیکسل (به سه صورت کاهشی، افزایشی و بدون تغییر) نشان دهند و قادر نیستند، نوع و ماهیت تغییر را نشان دهند. در صورتی که روش های پس پردازش، قادرند هم نوع و هم ماهیت تغییر را نشان دهد، لذا در این مطالعه هر دو روش مورد استفاد قرار گرفته است. بنابراین ضرورت دارد، برای پایش تغییرات هر دو روش مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه، هدف بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر کرمانشاه (با دو دسته روش فوق) در فاصله زمانی سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۴۰۰ می باشد.

روش پژوهش

داده های استفاده شده

برای آشکار سازی تغییرات و استخراج نقشه های پوشش / کاربری اراضی، از داده های ماهواره ای TM، به تاریخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ و OLI به تاریخ ۱۴۰۰/۳/۸ (مسیر ۱۶۷، ردیف ۳۵- هر دو تصویر مشابه) استفاده گردید. در ضمن، نقشه توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح برای بستن مرز حوزه مطالعاتی، GPS جهت تعیین مختصات نقاط نمونه برداری، عکس های هوایی ۱:۲۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای گوگل ارث و نقشه جامع ۱:۲۵۰۰ شهر کرمانشاه جهت ارزیابی دقت و نرم افزارهای ENVI5.0، IDRISI Selva و ArcGIS10.3 جهت ارزیابی روند تغییرات و مشاهدات تغییرات کاربری اراضی استفاده شد. شکل ۱ نمودار جریانی مراحل تحقیق را نشان می دهد.



شکل ۱. مراحل کلی تحقیق (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

روش تحقیق

تصحیح هندسی تصاویر

تصاویر اولیه و خام داده‌های ماهواره‌ای بنا به دلایل مختلف مانند گردش زمین و تغییر در ارتفاع ماهواره دارای هندسه ناصحیح بوده و در این حالت قابل استفاده با سایر داده‌های ماهواره‌ای و مقایسه با یکدیگر نیستند (Kamusoko & Aniya, 2006: 122-133). بنابراین برای اینکه بتوان داده‌های مختلف را پردازش و تفسیر کرد، ابتدا تصاویر چند طیفی و چند زمانه به یک سیستم مختصات واحد تبدیل شدند. در این مطالعه، به منظور تصحیح هندسی، از نقشه طرح جامع شهر کرمانشاه با مقیاس ۱:۲۵۰۰ استفاده گردید. در این مرحله اقدام به اعمال تصحیح‌های هندسی بر روی تصاویر شد و تصویر سنجنده OLI سال ۱۴۰۰ با استفاده از روش تصویر-وکتور، زمین مرجع شد. برای این کار از ۱۵ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب و در تقاطع جاده‌ها، آبراهه‌ها و ... استفاده گردید تا مدل ریاضی که برای پیدا کردن ضرایب مجهول در معادله مورد استفاده قرار می‌گیرد، خطای کمتری داشته باشد. برای تبدیل مختصات تصویر تصحیح شده به تصویر تصحیح نشده، از تابع درجه اول استفاده گردید و برای نمونه‌گیری مجدد ارزش پیکسل‌های تصویر تصحیح نشده از روش نزدیکترین همسایه استفاده و در نهایت تصویر سنجنده OLI با خطای RMS معادل ۰/۳۲ زمین مرجع گردید. تصحیح هندسی تصاویر TM سال ۱۳۷۵ به روش تصویر به تصویر انجام گردید. بدین منظور تصویر ۱۴۰۰ بعد از تصحیح هندسی به عنوان مبنا در نظر گرفته شد. ابتدا نقاط کنترل انتخاب شدند، سپس نقاطی که دارای خطای زیادی بودند از جدول مربوطه حذف شدند و در نهایت با حذف ۷ نقطه کنترل زمینی، تصاویر TM با ۳۸ نقطه کنترل با خطای معادل ۰/۳۵ تصحیح شد. به منظور تعیین تغییرات علاوه بر هم مختصات بودن تصاویر، باید ابعاد پیکسل‌های آنها بایستی یکسان باشد که در این تحقیق اندازه همه پیکسل‌ها ۲۸/۵ متر است.

تصحیح رادیومتریک

اعمال تصحیح رادیومتریک روی داده‌های چند زمانه ضروری است. با استفاده از این تصحیح اثر اختلاف زوایه خورشید و ارتفاع در داده‌های چند زمانه بر طرف گردیده و آثار اتمسفر و خطاهای سنجنده روی داده‌های رقومی بر طرف می‌گردد (Lillesand & Kiefer, 2000: 768 pp). در این مطالعه، روش کاهش تیرگی پدیده^۱ برای این کار استفاده شده است. در حالت طبیعی پدیده‌های تیره مثل آب دارای ارزش پیکسل صفر یا نزدیک به آن می‌باشند. اما به خاطر اثر اتمسفری تابش انحرافی به صورت یک مقدار ثابت به پیکسل‌های هر باند اضافه می‌گردد (Ahadnejad, 2002). روش کاهش تیرگی پدیده این مقدار ثابت را از کل ارزش‌های پیکسل در هر باند کم می‌کند و به این ترتیب اثر اتمسفری را از بین می‌برد. این کار بر روی تصاویر ماهواره‌ای TM و OLI در نرم‌افزار ENVI 5.0 انجام گرفت. بعد از انجام تصحیحات فوق بر روی تصاویر، تکنیک‌های مختلفی جهت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفت که به شرح این روشها پرداخته می‌شود:

تفاضل آنالیز مؤلفه‌های اصلی^۲ (PCA)

یکی از روش‌هایی است که با متمرکز نمودن اطلاعات در تصویر به تفسیر داده‌های ماهواره‌ای کمک می‌کند. استفاده از این روش آشکارسازی به خاطر متاثر بودن آن از عوامل اتمسفری و زمان تصویربرداری در صورت چند زمانه بودن تصاویر، کارایی بیشتری خواهد داشت. دو طریق برای آشکارسازی تغییر به شیوه PCA وجود دارد: ۱- تصاویر دو یا چند زمان را در یک فایل ساده قرار داده، سپس PCA انجام شود و اجزای کوچک تصاویر برای اطلاعات تغییر آنالیز گردد، ۲- PCA هر تاریخ جداگانه انجام شود، سپس تصویر PCA ثانویه از اولیه تفریق گردد. در این مطالعه ابتدا PCA هر تاریخ جداگانه محاسبه گردیده است. به طوری که در جدول ۱ درصد واریانس مؤلفه‌های مختلف PCA حاصل از سنجنده TM و OLI ارائه شده است.

جدول ۱. درصد واریانس مؤلفه‌های مختلف PCA حاصل از سنجنده TM و OLI

PCA ₆	PCA ₅	PCA ₄	PCA ₃	PCA ₂	PCA ₁	
۰/۰۰۶	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۶۰	۹۸/۹۴	TM(۱۳۷۵)
۰/۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۱۷	۹۹/۷۰	OLI(۱۴۰۰)

باتوجه به اینکه بیشترین اطلاعات در هر دو سنجنده در دو مؤلفه اول ذخیره شده‌است، به همین دلیل مؤلفه‌های اول و دوم در این مطالعه جهت پایش تغییر مورد استفاده قرار گرفتند. سپس PCA اول و دوم دوره (تاریخ) دوم به ترتیب از PCA اول و دوم دوره (تاریخ) اول تفریق شده است.

تفاضل تسلدکپ^۳

این تبدیل برای اولین بار در سال ۱۹۷۶ توسط کاتس و توماس برای داده‌های لندست سنجنده MSS معرفی شد (-47 Kauth & Thomas, 1976:51). این تبدیل یک تبدیل خطی است که طی آن مؤلفه‌های جدیدی از مؤلفه‌های اولیه ایجاد می‌شود. تبدیل تسلدکپ برای داده‌های TM شامل سه مؤلفه روشنایی، سبزیگی و رطوبت است، در حالی که این تبدیل برای داده‌های OLI علاوه بر سه مؤلفه فوق دارای سه مؤلفه دیگر نیز است، اما با توجه به مشترک بودن سه عامل روشنایی، سبزیگی و رطوبت در دو داده مورد استفاده، در این تحقیق این سه مؤلفه مبنای پایش تغییرات بوده اند (-47 Thomas, 1976: 51 & Kauth).

تفاضل شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

این شاخص وضعیت پوشش گیاهی را بر روی سطح زمین در مناطق وسیع نشان می‌دهد. پوشش گیاهی متراکم و نیز مناطق با لاشبرگ و یا مناطقی که عاری از پوشش گیاهی هستند، نیز به خوبی از طریق این شاخص قابل شناسایی هستند. ارزش عددی

1-Dark object Subtraction
2-Principal components Analysis
3-TassclldcapTransformation

شاخص NDVI بین -۱ تا +۱ متغیر می‌باشد. ارزش‌های عددی مثبت مربوط به پوشش گیاهی متراکم و ارزش عددی صفر و مقادیر نزدیک به آن مربوط به مناطق بدون پوشش گیاهی است و محل‌های خیس و آب ارقام نزدیک به -۱ را دارا هستند و از طریق معادله ذیل محاسبه می‌شود:

رابطه ۱:

$$NDVI = \frac{NIR - RER}{NIR + RED}$$

NIR: باند مادون قرمز نزدیک

RED: باند قرمز

در این روش به صورت مجزا شاخص پوشش گیاهی مربوط به دو دوره متفاوت تهیه شده و سپس شاخص پوشش گیاهی دوره دوم از شاخص پوشش گیاهی دوره اول تفریق می‌گردد.

تعیین آستانه

بسیاری از الگوریتم‌های آشکارسازی تصویر، از قبیل الگوریتم‌های موجود در دسته‌های جبر و تبدیل (از جمله تفاضل شاخص پوشش گیاهی،...)، نیازمند انتخاب آستانه‌ها برای متمایز ساختن مناطق تغییر (افزایشی و کاهشی) از مناطق بدون تغییر است (Fung & Ledrew, 1988: 1449-1454). معمولاً برای انتخاب آستانه‌ها از دو روش استفاده می‌شود (Yool et al., 1997: 307-314): ۱- فرایند آزمون و خطا، ۲- روش آماری. در این مطالعه از روش آماری که براساس انتخاب یک انحراف معیار مناسب از میانگین است، استفاده شد. برای اینکه وزن اعداد با هر واحدی ثابت شود، از روش استاندارد کردن استفاده می‌شود. برای استاندارد کردن (نرمال سازی) داده‌ها از رابطه زیر استفاده گردید (رابطه ۵):

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{S} \quad \text{رابطه ۲}$$

در رابطه فوق، X_i مقدار عددی هر پیکسل، $\bar{X}$ میانگین پیکسل‌ها، S انحراف معیار پیکسل‌ها و Z مقدار استاندارد شده متغیر می‌باشد. در نهایت، برای تعیین بهترین آستانه، انحراف از میانگین‌های مختلف از قبیل ± 1 ، $\pm 1/5$ ، ± 2 و... بررسی شد و بهترین آستانه جهت تعیین مناطق تغییر (افزایشی و کاهشی) و مناطق بدون تغییر مشخص گردید.

طبقه‌بندی و تهیه نقشه پوشش زمینی

با هدف تفکیک پوشش‌های زمینی عمده شهر کرمانشاه بر روی داده‌های ماهواره‌ای تطابق هندسی شده، از روش طبقه‌بندی نظارت شده شبکه عصبی مصنوعی فازی استفاده شد. انتخاب نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز برای طبقه‌بندی کلاس‌های مختلف در منطقه با شناخت از شهر و با استفاده از اطلاعات جنبی و استفاده از تصاویر رنگی مرکب ۴،۳،۲ (RGB) برای هر دو تصویر صورت گرفت. انتخاب این تصاویر رنگی مرکب صرفاً جهت شناسایی کلاس‌های مورد نظر و انتخاب بهترین نمونه‌های تعلیمی بوده است. انتخاب نمونه‌های تعلیمی یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین کننده درجه تعمیم قواعد طبقه‌بندی به نمونه‌های نامشخص می‌باشد. برای این منظور در شهر مورد مطالعه به فراخور سهم هر طبقه تعداد مناسبی نمونه تعلیمی به طور تصادفی با استفاده از بررسی‌های میدانی، تصاویر گوگل ارث^۱ و تصاویر رنگی مرکب انتخاب گردیدند و سپس طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی فازی صورت گرفت. به منظور حذف پیکسل‌های منفرد و پراکنده در سطح تصویر طبقه‌بندی شده و همچنین بدست آوردن تصویر مطلوب و با وضوح بیشتر، از فیلتر مد در اندازه ۷×۷ پیکسل استفاده شد.

تهیه نقشه واقعیت زمینی

در این تحقیق برای تعیین صحت نقشه‌های حاصل از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی فازی، از روش نمونه‌برداری تصادفی استفاده و با در نظر گرفتن موقعیت مکانی محل قطعات نمونه در روی زمین، نوع پوشش سطح زمین تعیین شد. در روی زمین موقعیت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) با دقت بالا پیاده و نوع پوشش زمینی در محل نمونه‌ها مشخص

^۱ - Google Earth

گردید. با توجه به اطلاعات به دست آمده از عملیات صحرایی و با بهره‌گیری از قابلیت سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی نقشه واقعیت زمینی با هفت کلاس تهیه گردید. به دلیل ساختار رستری تصاویر ماهواره‌ای و نیز با توجه به اینکه این نقشه مبنای ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر مورد استفاده قرار می‌گیرد، ساختار نقشه واقعیت زمینی از حالت برداری به رستری تبدیل شد. در مجموع ۱۹۰ نقطه از منطقه مورد مطالعه برداشت و از آنها یک نقشه با ساختار رستری تهیه شد.

ارزیابی دقت نقشه‌ها

برآورد دقت برای درک نتایج به دست آمده و به کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری خیلی مهم هستند. معمول‌ترین پارامترهایی برآورد دقت شامل، دقت کل^۱، دقت تولیدکننده^۲، دقت کاربر^۳ و ضریب کاپا^۴ هستند (علوی‌پناه، ۱۳۸۴: ۴۷۸). از نظر تئوری احتمالات، دقت کل نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد. چرا که در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. دقت کل از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه زیر بدست می‌آید (Pontius and Millones, 2011: 4418)

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii} \quad (۳)$$

در این رابطه

OA = دقت کل

N = تعداد پیکسل‌های آزمایشی

$\sum P_{ii}$ = جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا

به دلیل ایرادات وارده بر دقت کل، غالباً در کارهای اجرائی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادر ست طبقه‌بندی شده را مد نظر قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Pontius et al., 2011: 54):

$$Kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در رابطه بالا

P_o = درستی مشاهده شده

P_c = توافق مورد انتظار

دقت تولیدکننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و دقت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد، می‌باشد که از روابط زیر محاسبه می‌گردند (اسلام‌بنیاد و حاجی قادری، ۱۳۸۶: ۶۲۷-۶۳۸).

$$PA = \frac{ta}{ga} \times 100 \quad (۵)$$

و

$$UA = \frac{ta}{n_1} \times 100 \quad (۶)$$

که در روابط فوق

PA = درصد دقت کلاس a برای دقت تولیدکننده

ta = تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به عنوان کلاس a

ga = تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی

UA = درصد دقت کلاس a برای دقت کاربر

^۱ -Overall accuracy

^۲ -Producer's Accuracy

^۳ - User's Accuracy

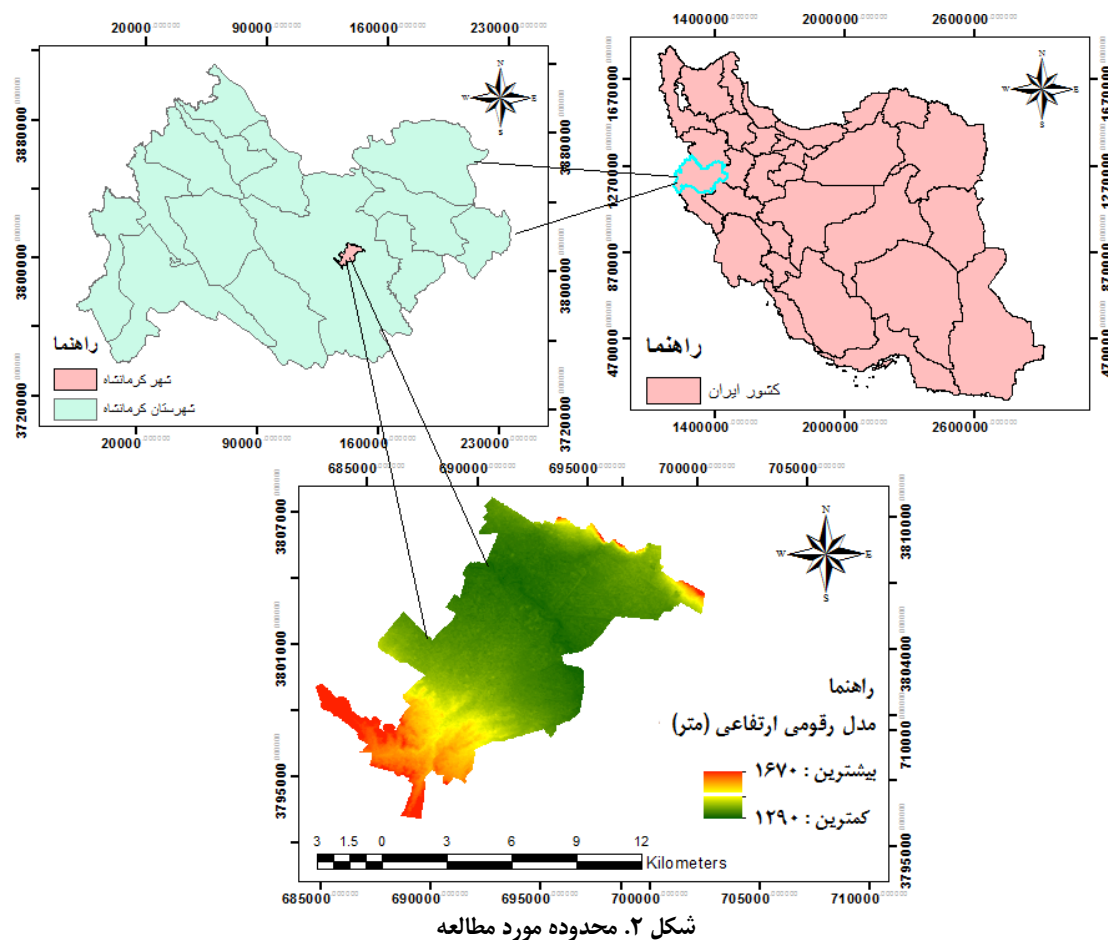
^۴ -Kappa Coefficient

n_1 = تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی

در این مطالعه جهت تعیین نقاط واقعیت زمینی از برداشت زمینی، تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث، عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰ و نظرات کارشناسی افراد آشنا استفاده شده است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهر کرمانشاه که در مسیر جاده ابریشم قرار گرفته است، در حال حاضر از اهمیت بسیار زیادی برای ارتباط ایران به کشور عراق برخوردار است. محدوده مورد مطالعه، محدوده طرح جامع شهر کرمانشاه است که دارای مساحتی برابر ۹۶۳۸ هکتار می‌باشد. این محدوده ما بین طول‌های جغرافیایی ۳۸° ۴۶' و ۴۷° ۲۳' درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰° ۳۴' و ۳۴° ۵۶' درجه شمالی قرار دارد (شکل ۲). در این تحقیق، تغییرات این محدوده در فاصله زمانی سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۵ مورد بررسی قرار رفته است.

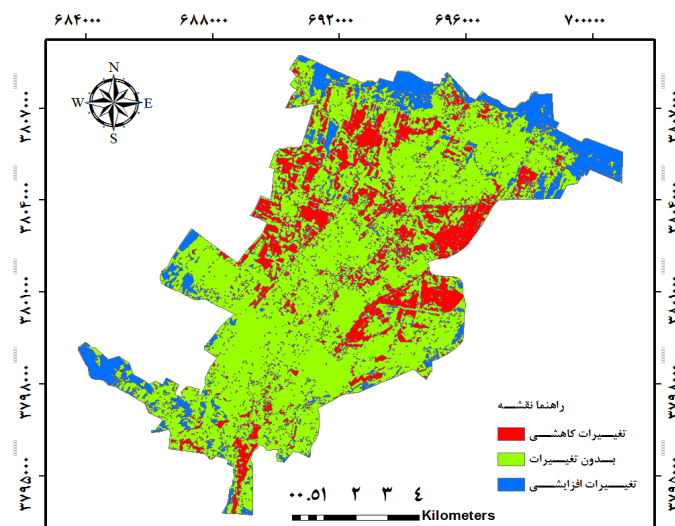


یافته‌ها و بحث

جهت آشکارسازی و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در حوزه مورد مطالعه از سه تکنیک آشکارسازی تغییر (از دسته روش پیش‌پردازش) و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی (از دسته روش پس‌پردازش) استفاده گردید. در این مطالعه، پس از تعیین میانگین و انحراف معیار در نقشه‌های به دست آمده از هر تکنیک آشکارسازی تغییر (از دسته روش پیش‌پردازش)، این نقشه‌ها استاندارد و سپس با گرفتن آستانه‌های مختلف مشخص گردید که بهترین آستانه جهت تعیین تغییرات در منطقه مورد مطالعه با $\pm 1/5$ انحراف از میانگین قرار داشته‌است. بر این اساس، مناطق دارای تغییرات کاهشی، افزایشی و بدون تغییر مشخص شده‌است. نتایج تک‌تک روش‌های آشکارسازی تغییرات به شرح زیر می‌باشد:

تفاضل آنالیز مؤلفه‌های اصلی

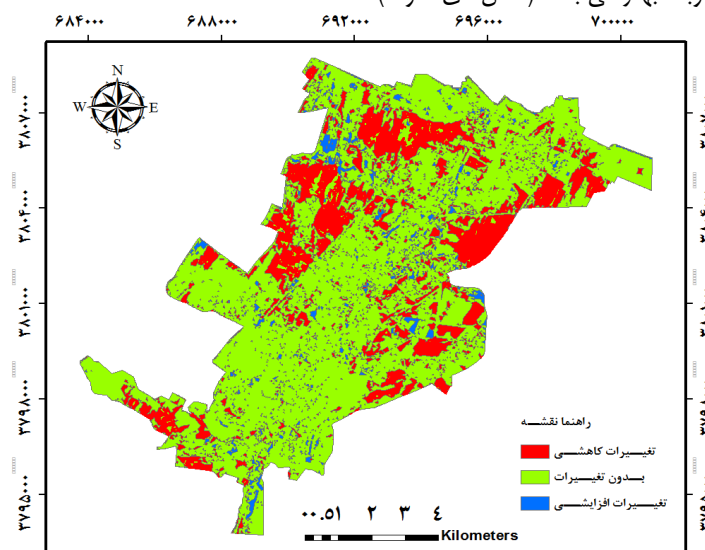
با توجه به اینکه بیشترین اطلاعات در بین مولفه‌های اصلی، در دو مؤلفه اول می‌باشد، از این دو مؤلفه برای پایش تغییرات کاربری استفاده شد و طبق نتایج (جدول ۱) مؤلفه دوم یعنی PCA_2 با آستانه $\pm 1/5$ تغییرات کاهشی و بدون تغییرات را به ترتیب با دقت های ۵۲ و ۹۴ نشان می‌دهد در حالی که تغییرات افزایشی با دقت پایین ۲۴ نمایش داده می‌شود. در بین سه روشی که در این مطالعه آمده است، دقت کلی این روش از دو روش دیگر پایین تر است که در جدول ۱ این امر قابل ملاحظه است (شکل ۳).



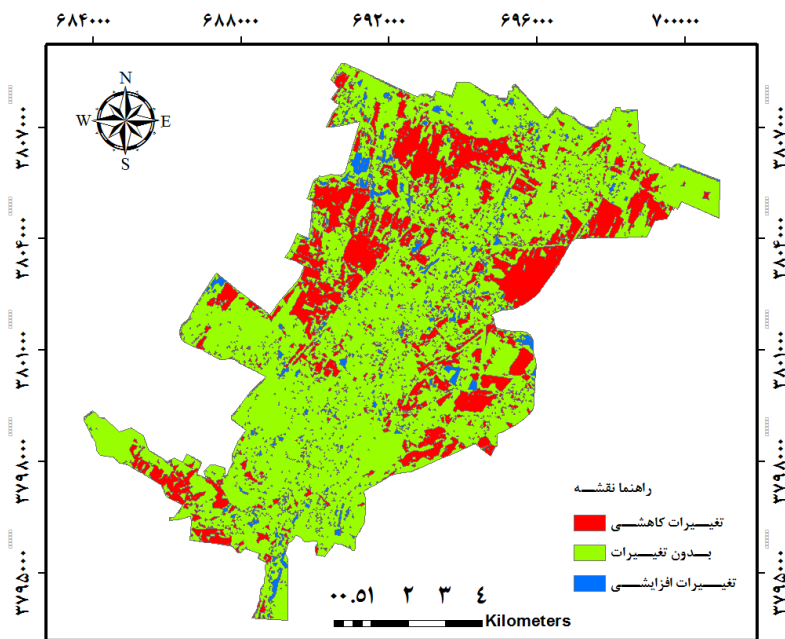
شکل ۳. نتایج روش PCA_2

تفاضل تسلدکپ (سبزینگی و رطوبت)

در این تبدیل نیز سه مؤلفه اول یعنی روشنایی، سبزینگی و رطوبت دارای بیشترین اطلاعات می‌باشند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مولفه روشنایی هیچکدام از تغییرات را به خوبی نمایش نمی‌دهد. در حالی که مطابق جدول ۲ مؤلفه سبزینگی با آستانه $\pm 1/5$ تغییرات کاهشی و بدون تغییرات را به ترتیب با دقت بالای ۹۷/۵ و ۸۹/۴ نشان می‌دهد. همچنین این مولفه تغییرات افزایشی را با دقت ۷۶/۲ نشان می‌دهد که این دقت نزدیک به دقت مولفه رطوبت می‌باشد. مولفه رطوبت نیز، تغییرات افزایشی را با دقت بالای ۸۲ نشان می‌دهد (جدول ۲). در واقع مولفه رطوبت در مقایسه با تمام روشهای دیگر در این تحقیق، تغییرات افزایشی را با دقت بالاتری نمایش می‌دهد. از جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که دقت کل مولفه سبزینگی در نمایش تغییرات در این مطالعه نسبت به مولفه رطوبت بهتر می‌باشد (شکل های ۴ و ۵).



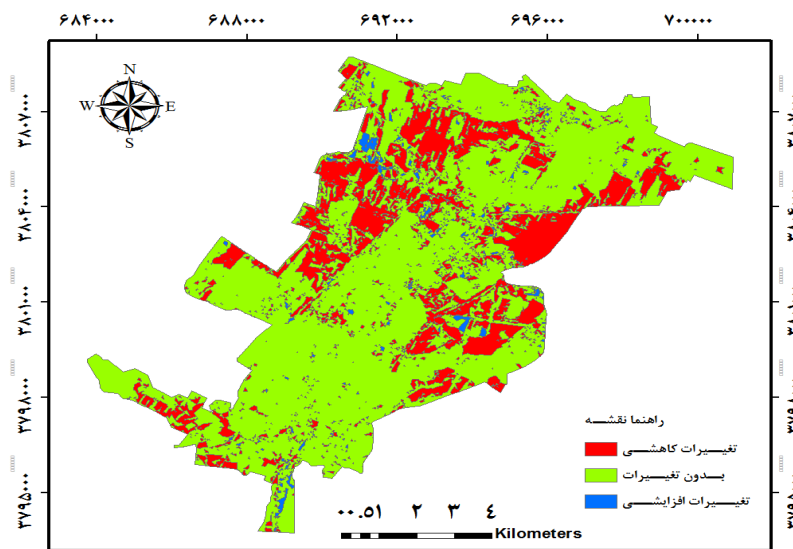
شکل ۴. تفاضل تسلدکپ (سبزینگی)



شکل ۵. تفاضل تسلدکپ (رطوبت)

تفاضل شاخص پوشش گیاهی

پس از تهیه نقشه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در دو تاریخ ۱۳۷۵ و ۱۴۰۰، نقشه تفاضل شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تهیه شده است (شکل ۵). همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می شود، دقت این روش در نشان دادن تغییرات کاهشی و بدون تغییرات، از همه روشهای دیگر بالاتر است و دارای دقت ۱۰۰ برای هر دو تغییرات می باشد. بهترین حد آستانه نیز برای این روش $\pm 1/5$ می باشد. دقت این روش در نمایش تغییرات افزایشی ۷۲/۶۶ می باشد. در بین سه روش تسلدکپ، NDVI و PC در مجموع دقت کلی روش NDVI از بقیه بالاتر است (جدول ۲ و شکل ۶).

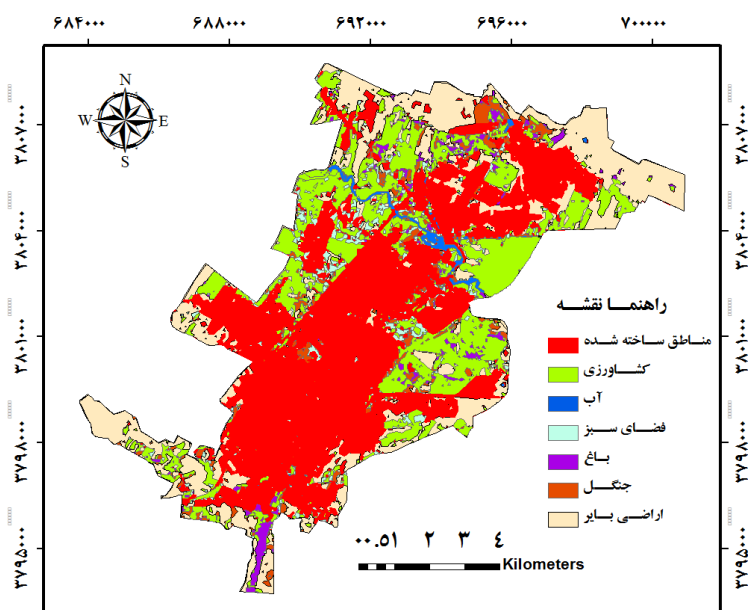


شکل ۶. تفاضل NDVI

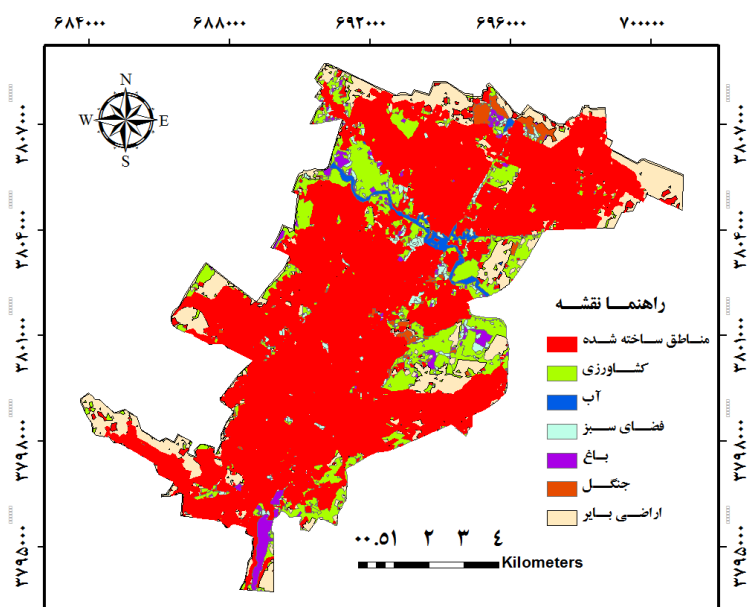
روش مقایسه بعد از طبقه بندی

در این روش تصاویر مربوط به سالهای ۱۳۷۵ و ۱۴۰۰ با استفاده از روش نظارت شده، طبقه بندی گردید. در این تحقیق از روش شبکه عصبی فازی برای طبقه بندی نظارت شده استفاده شده است. کل منطقه به هفت کاربری مناطق ساخته شده (شامل مناطق

مسکونی تجاری- اداری- نظامی و ...)، کشاورزی، آب، فضای سبز، باغ، جنگل و اراضی بایر طبقه‌بندی گردید (شکل‌های ۷ و ۸). در این روش به صورت مجزا، تصویر چند زمانه به نقشه‌های موضوعی طبقه‌بندی، سپس روشهایی از قبیل مقایسه پس از طبقه‌بندی و تفاضل نقشه و آمار تعیین تغییرات جهت پایش تغییر استفاده می‌گردد. در نهایت با استفاده از نمونه‌برداریهای تصادفی از سطح منطقه و تصاویر ماهواره‌ای Google Earth، ماتریس خطا مطابق با جداول ۳ و ۴ تشکیل گردید. همانطور که از جدول ۳ ملاحظه می‌گردد، صحت کلی طبقه‌بندی برای سال ۱۳۷۵، ۹۷ با ضریب کاپای ۰/۹۶ می‌باشد و بر طبق جدول ۴، صحت کلی طبقه‌بندی برای سال ۱۴۰۰، ۹۷/۷ با ضریب کاپای ۰/۹۶۸ می‌باشد که برای هر دو سال نتایج کاملاً رضایت‌بخشی می‌باشد.



شکل ۷. نقشه پوشش کاربری شهر کرمانشاه سال ۱۳۷۵



شکل ۸. نقشه پوشش کاربری شهر کرمانشاه سال ۱۴۰۰



جدول ۲. ماتریس خطای روشهای پایش تغییرات

تغییرات کاهش	بدون تغییرات	تغییرات افزایشی	مجمو ع	خطای گماشته شده(%)	دقت استفاده کننده(درصد)
تفاضل NDVI					
تغییرات کاهش	۳۵۱	۰	۱	۰/۰۰۲۸	۹۹/۶
بدون تغییرات	۰	۵۸۵	۵۷	۰/۰۸۸	۸۲/۵
تغییرات افزایشی	۰	۰	۱۹۶	۰	۱۰۰
مجموع	۳۵۱	۵۸۵	۲۵۴	۱۱۹۰	
خطای حذف شده(%)	۰	۰	۰/۲۲۸۳		
دقت تولیدکننده(درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۷۲/۶۶		
ضریب کاپا	۰/۹۲				
دقت کل(درصد)	۹۵/۱				
تفاضل تسلدکپ(رطوبت)					
تغییرات کاهش	۱۸۷	۵۵	۰	۰/۲۲۷۳	۶۷
بدون تغییرات	۱۶۴	۵۰۸	۳۶	۰/۲۸۲۵	۴۵
تغییرات افزایشی	۰	۲۲	۲۱۸	۰/۰۹۱۷	۸۸
مجموع	۳۵۱	۵۸۵	۲۵۴	۱۱۹۰	
خطای حذف شده(%)	۰/۴۶۷۲	۰/۱۳۱۶	۰/۱۴۱۷		
دقت تولیدکننده(درصد)	۴۱	۶۷	۸۲		
ضریب کاپا	۰/۶۲				
دقت کل(درصد)	۷۶/۷۲				
تفاضل تسلدکپ(سبزینگی)					
تغییرات کاهش	۳۴۵	۲۹	۰	۰/۰۷۷۵	۸۹
بدون تغییرات	۶	۵۵۵	۵۰	۰/۰۹۱۷	۸۲
تغییرات افزایشی	۰	۱	۲۰۴	۰/۰۰۴۹	۹۹/۳
مجموع	۳۵۱	۵۸۵	۲۵۴	۱۱۹۰	
خطای حذف شده(%)	۰/۰۱۷۱	۰/۰۵۱۳	۰/۱۹۶۹		
دقت تولیدکننده(درصد)	۹۷/۵	۸۹/۴	۷۶/۲		
ضریب کاپا	۰/۸۸۳۱				
دقت کل(درصد)	۹۲/۷۷				
دقت کل(درصد)	۷۳/۲				

ادامه جدول ۲

تغییرات کاهشی	بدون تغییرات	تغییرات افزایشی	مجمو ع	خطای گماشته شده(%)	دقت استفاده کننده(درصد)
PCA₂					
تغییرات کاهشی	۲۱۹	۶	۳۰	۲۵۵	۷۹
بدون تغییرات	۱۳۲	۵۷۶	۱۴۹	۸۵۷	۳۵
تغییرات افزایشی	۰	۳	۷۵	۷۸	۹۵
مجموع	۳۵۱	۵۸۵	۲۵۴	۱۱۹۰	
خطای حذف شده(%)	۰/۳۷۶۱	۰/۰۱۵۴	۰/۷۰۴۷		
دقت تولیدکننده(درصد)	۵۲	۹۴	۲۴		
ضریب کاپا	۰/۵۳				
دقت کل(درصد)	۷۳/۲				

جدول ۳. ماتریس خطا تصویر طبقه بندی شده سال ۱۳۷۵

مناطق ساخته شده	کشاورزی	آب	فضای سبز	باغ	جنگل	اراضی بایر	مجموع	خطای گماشته شده(%)	دقت استفاده کننده(در صد)
مناطق ساخته شده	۰	۱۸	۱۱	۸	۲	۲	۱۶۴۲	۰/۰۲۵	۹۷
کشاورزی	۱۷۳۴	۲	۱۷	۶۶	۰	۰	۱۸۱۹	۰/۰۴۶۷	۹۳
آب	۰	۲۰۶	۰	۰	۱	۰	۲۰۷	۰/۰۰۴۸	۹۹
فضای سبز	۴	۲	۶۵	۲	۱	۰	۸۲	۰/۲۰۷۳	۷۹
باغ	۲۶	۰	۳	۳۵۰	۱	۰	۳۸۰	۰/۰۷۸۹	۹۱
جنگل	۰	۰	۰	۲	۲۰۴	۲	۲۰۸	۰/۰۱۹۲	۹۸
اراضی بایر	۰	۱	۰	۰	۰	۱۸۴۵	۱۸۴۶	۰/۰۰۰۵	۹۹
مجموع	۱۷۶۴	۲۲۹	۹۶	۴۲۸	۲۰۹	۱۸۴۹	۶۱۸۴		
خطای حذف شده(%)	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷	۰/۳۲۳۹	۱۸۳۲. ۰/	۰/۰۲۴	۰/۰۰۲		۰/۰۲۸۹	
دقت تولیدکننده (درصد)	۹۹	۹۸	۹۰	۶۷	۸۱	۹۷			
ضریب کاپا	۰/۹۶۵								
دقت کل (درصد)	۹۷/۲								

جدول ۴. ماتریس خطا تصویرتصویر طبقه بندی شده سال ۱۴۰۰

دقت استفاده کننده(در صد)	خطای گماشته شده(٪)	مجموع ع	اراضی بایر	جنگل	باغ	فضای سبز	آب	کشاورزی	مناطق ساخته شده	
۹۷/۴	۰/۰۱۴۴	۱	۲	۳	۶	۲	۵	۳۳	۱۴۳۷	مناطق ساخته شده شده
۸۹/۰۶	۰/۰۱۰۱۲	۲۵۷	۲۰	۰	۳	۱	۲	۲۳۱	۰	کشاورزی
۹۹	۰/۰۹۵۷	۱۱۵	۰	۳	۰	۰	۱۰۴	۴	۴	آب
۸۶/۳	۰/۱۳۴۶	۵۲	۰	۰	۳	۴۵	۱	۳	۰	فضای سبز
۹۸/۷	۰/۰۱۰۵	۴۷۴	۰	۰	۴۶۹	۴	۰	۱	۰	باغ
۹۸/۱	۰/۰۱۶۹	۲۳۷	۱	۲۳۳	۰	۰	۱	۲	۰	جنگل
۹۸/۱	۰/۰۰۱۵	۶۴۷	۶۴۶	۰	۰	۰	۰	۰	۱	اراضی بایر
		۳۲۴۰	۶۶۹	۲۳۹	۴۸۱	۵۲	۱۱۳	۲۴۴	۱۴۴۲	مجموع
			۰/۰۲۵۱	۰/۰۲۴۹	۰	۰/۱۳۴۶	۰/۰۷۹۶	۰/۰۵۳۳	۰/۰۰۳۵	خطای حذف شده(٪)
			۹۵/۷	۷/۳	۹۷/۰۸	۸۶/۳	۹۱/۷	۹۴/۲	۹۳/۷	دقت تولید کننده(درصد)
									۰/۹۶۸	ضریب کاپا
									۹۷/۷	دقت کل(درصد)

مقایسه طبقه بندی

با توجه به اینکه روش مقایسه بعد از طبقه بندی، امکان بررسی نوع و میزان تغییرات را نیز فراهم می آورد. نتایج حاصل از این روش در ادامه ارائه شده است. بر این اساس، پس از تهیه نقشه کاربری اراضی سال های مورد نظر، ابتدا مساحت ۷ کلاس کاربری اراضی به دست آمد که نتایج حاصل از آن در جدول ۵ ارائه شده است. تحلیل نتایج جدول ذیل نشان می دهد که بیشترین تغییرات به صورت افزایشی مربوط به کاربری مناطق ساخته شده می باشد که افزایش سالیانه حدود ۱۰۹/۶ هکتار را نشان می دهد. همچنین مطابق جدول، بیشترین تغییرات کاهش مربوط به کاربری اراضی بایر و اراضی کشاورزی می باشد که به ترتیب سالیانه به طور متوسط ۵۴/۱۳ و ۴۵/۳ هکتار کاهش را نشان می دهند.

جدول ۵. مساحت کاربریهای شهر کرمانشاه در سال های ۱۳۷۵ و ۱۴۰۰

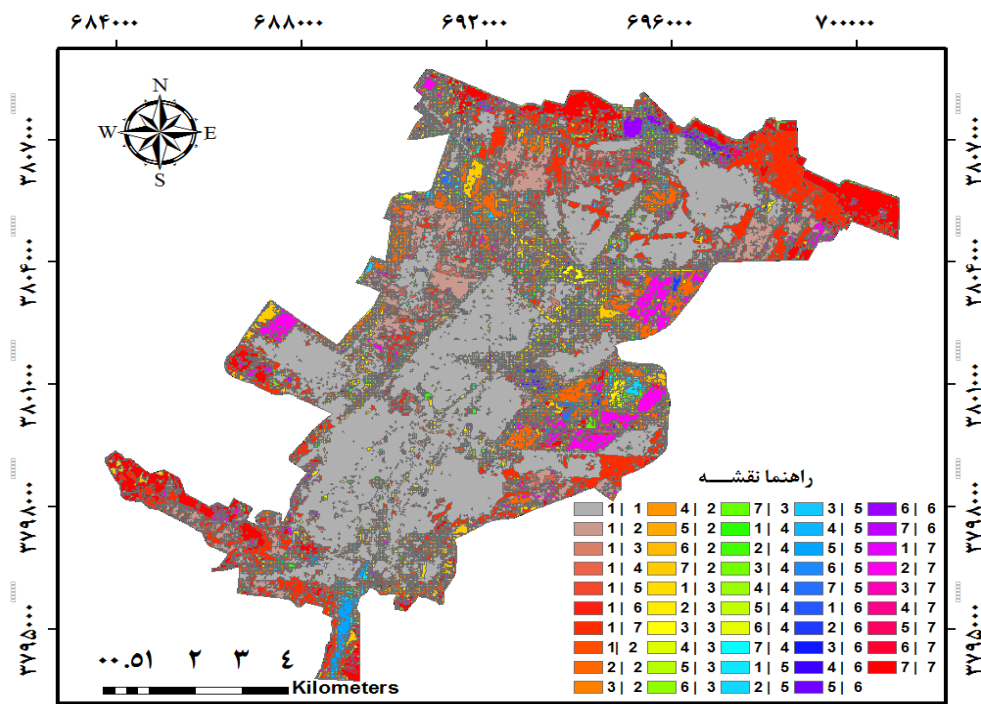
کاربری	مساحت کاربری(هکتار) سال ۱۳۷۵	مساحت کاربری(هکتار) سال ۱۴۰۰
مناطق ساخته شده شده	۴۳۳۰/۹۳	۶۴۱۴/۵۸
کشاورزی	۲۱۰۲/۸۳	۱۲۷/۷۰
آب	۱۰۰/۸۴	۱۲۳/۴۸
فضای سبز	۳۲۶/۳۵	۲۲۶/۵۱
باغ	۲۰۲/۱۹	۱۸۸/۶۳
جنگل	۳۴۴/۸۳	۱۶۶/۵۴
اراضی بایر	۲۲۳۰/۱۲	۱۲۷۰/۷۲

آمارپایش تغییر

در این روش کلاس های دو نقشه طبقه بندی شده یک به یک با هم مقایسه می شوند. در نتیجه با استفاده از این روش، امکان تعیین تغییرات رخ داده در هر کلاس نسبت به کلاس دیگر وجود دارد. نتایج این روش در جدول ۶ ارائه شده است. مطابق جدول ذیل، ملاحظه می شود که بیشترین کمیت تغییر کاربریها مربوط به کاربری کشاورزی و اراضی بایر به ترتیب با ۸۴۵/۶۳ و ۱۱۱۸/۰۶ هکتار می باشد که هر دو به کاربری مناطق ساخته شده تبدیل شده اند (شکل ۹).

جدول ۶. مساحت تغییرات کاربری کلاسها به همدیگر

مساحت (هکتار)		مساحت (هکتار)		مساحت (هکتار)	
۳۱/۳۵	۷ ۱	۷۱/۳۱	۴ ۱	۸۴۵/۶۳	۱ ۲
۳۶۸/۲۷	۷ ۲	۶۸/۶۳	۴ ۲	۶۴	۱ ۳
۵/۷۷	۷ ۳	۸/۲۸	۴ ۳	۱۹۹/۱۶	۱ ۴
۲۰/۷۹	۷ ۴	۱۰/۸۸	۴ ۵	۷۰/۵۰	۱ ۵
۳۴/۵۲	۷ ۵	۹/۹۹	۴ ۶	۱۲۷/۵۲	۱ ۶
۳۲/۵۷	۷ ۶	۲۱/۶	۴ ۷	۱۱۱۸/۰۶	۱ ۷
راهنمای جدول		۸/۲۸	۵ ۱	۱۲۲/۶۵	۲ ۱
۱	مناطق ساخته شده	۷۶/۸۳	۵ ۲	۲۵/۴۲	۲ ۳
۲	کشاورزی	۴/۷۹	۵ ۳	۹۷/۰۶	۲ ۴
۳	آب	۸/۰۴	۵ ۴	۳۵	۲ ۵
۴	فضای سبز	۱۱/۵۳	۵ ۶	۷۷/۲۴	۲ ۶
۵	باغ	۲۷/۸۶	۵ ۷	۲۵۶/۰۲	۲ ۷
۶	جنگل	۱۴/۱۳	۶ ۱	۱۵۱/۸۹	۳ ۱
۷	اراضی بایر	۳۵/۰۸	۶ ۲	۷۷/۸۹	۳ ۲
		۸/۸۳	۶ ۳	۳۶/۳۱	۳ ۴
		۹/۰۹	۶ ۴	۱۳/۲۴	۳ ۵
		۹/۰۹	۶ ۵	۳۰/۹۵	۳ ۶
		۱۰/۴۸	۶ ۷	۴۷/۰۳	۳ ۷



شکل ۹. نقشه حاصل از قطع دادن نقشه‌های طبقه بندی شده سالهای ۱۳۷۵ و ۱۴۰۰

نتیجه گیری

گسترش شهر و توسعه شهرنشینی یکی از مسائل و مشکلات تمدن بشری به شمار می‌رود. تخریب بی‌رویه اراضی کشاورزی، بایر و ... و تبدیل آن به مناطق مسکونی در شهرهای صنعتی ایران بخصوص کرمانشاه بسیار محسوس است. در این مطالعه پس از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتری، تکنیک‌های مختلف پایش تغییر به کار گرفته شد. در مرحله بعد جهت تعیین آستانه تغییر از روش آماری استفاده شد و بر این اساس مشخص گردیده که آستانه تغییر در منطقه مورد مطالعه با $\pm 1/5$ انحراف از میانگین قرار داشته است. سپس کلاس‌های تغییر با توجه به آستانه به دست آمده تعیین شد و در نهایت دقت تکنیک‌های مختلف پایش تغییر ارزیابی گردیده است. ارزیابی دقت تکنیک‌های پایش تغییر در شهر کرمانشاه نشان داد که روش تفاضل NDVI با دقت کل ۹۵ و ضریب کاپای ۹۲ در صد بیشترین دقت و روش PCA₂ با دقت کل ۷۳ و ضریب کاپای ۵۳ درصد کمترین دقت را در تفکیک کلاس‌های تغییر داشته است. درصد واریانس مؤلفه اول در دو تاریخ ۱۳۷۵ و ۱۴۰۰ به ترتیب ۹۸/۹۴ و ۹۹/۷۰ درصد است. در مؤلفه اول (PC₁)، بارهای عاملی تقریباً در همه باندها با هم برابر بوده که این نشان می‌دهد مؤلفه اول ارائه‌دهنده روشنایی کلی عرصه است. اما در مؤلفه دوم درصد واریانس در تاریخ ۱۳۷۵ و ۱۴۰۰ به ترتیب ۰/۶۰ و ۰/۱۷ درصد است و این مؤلفه بیشترین گرادیان پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. حداکثر بار عاملی مثبت، برای باند مادون قرمز نزدیک و بار عاملی منفی، مربوط به باندهای مرئی است. به همین دلیل نتایج حاصل از تفاضل مؤلفه دوم در پایش تغییر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از دقت بالاتری نسبت به تفاضل مؤلفه اول برخوردار بوده است. نتایج بدست آمده در این تحقیق موافق نتایج بدست آمده توسط Jin و همکاران (۲۰۱۷)، موسوی و همکاران (۱۳۹۴) و میرصادقی و همکاران (۱۳۹۷) و برخلاف نتیجه بدست آمده توسط پراکاش و گوپتا (۱۹۹۸)، سونار (۱۹۸۸) و سپهری و جان‌لیو (۲۰۰۶) می‌باشد.

اگرچه مطالعات زیادی در ارتباط با کاربردهای پایش تغییر اجرا شده و روش‌های مختلف پایش تغییر آزمایش شده، اما هنوز این سؤال که کدام روش برای یک منطقه خاص بهتر است، بدون پاسخ مانده است. بررسی انجام شده تاکنون یک روش منحصر به فرد برای تمام موارد نشان نمی‌دهند. انتخاب یک روش مناسب پایش تغییر به دانش تحلیل‌گر در زمینه روش‌های پایش تغییر و مهارت در به کار بردن داده‌های سنجش از دور، داده‌های تصویری مورد استفاده و مشخصات منطقه مورد مطالعه دارد. به خاطر سختی شناسایی یک روش مناسب، در عمل، روش‌های مختلف پایش تغییر برای فراهم کردن بهترین نتیجه بر اساس ارزیابی درستی یا ارزیابی کیفی مقایسه و آزمایش می‌شود. این نظر توسط ویرگ و کینگ (۲۰۰۶) و بربروگلو و آکین (۲۰۰۹) تأیید شده است که بیان می‌نماید انتخاب روش مناسب جهت بررسی پایش تغییرات وابسته به کاربرد (نوع محیط، عوارض مورد نظر) و میزان جزئیات تصویر دارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که روش پایش تغییر بهینه‌ای وجود ندارد و در عمل روش‌های مختلف برای هر ناحیه مورد مقایسه قرار گرفته و دقیق‌ترین روش تعیین می‌گردد.

بعلاوه، تهیه نقشه‌های کاربری و تفکیک اراضی از اطلاعات بسیار مهم برای اعمال برنامه‌های مدیریتی می‌باشد. تهیه این نقشه‌ها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌ها برای رسیدن به این هدف می‌باشد. با بررسی نتایج حاصل از پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و مقایسه نتایج آن با نقشه‌های کاربری اراضی مشخص می‌گردد که طبقه‌بندی تصاویر به صورت نظارت شده برای منطقه مورد مطالعه به واقعیت‌های زمینی نزدیکتر بوده و از صحت قابل قبولی برخوردار می‌باشد. در این مطالعه، صحت کلی طبقه‌بندی، به ترتیب برای سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۴۰۰، ۹۷/۲ و ۹۷/۷ بوده و در ضمن ضریب کاپای طبقه‌بندی ۰/۹۶۵ و ۰/۹۶۸ می‌باشد که برای هر دو سال نتایج کاملاً رضایت‌بخشی می‌باشد. بعلاوه، در این مطالعه به منظور مشخص نمودن ماهیت تغییرات (نوع و جهت تغییرات) از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی برای بررسی تغییرات استفاده گردید. طبق نتایج، بیشترین تغییرات به صورت افزایشی مربوط به کاربری مناطق ساخته شده می‌باشد که افزایش سالیانه حدود ۱۰۹/۶ هکتار را نشان می‌دهد. همچنین، بیشترین تغییرات کاهش مربوط به کاربری اراضی بایر و اراضی کشاورزی می‌باشد که به ترتیب سالیانه به طور متوسط ۵۴/۱۳ و ۴۵/۳ هکتار کاهش را نشان می‌دهند. بر اساس نقشه‌های طبقه‌بندی شده، قسمتی از مناطق مسکونی به سمت رودخانه قره‌سو پیشروی نموده است که این پیشروی در شمال غرب رودخانه قره‌سو اتفاق افتاده است. همچنین، بیشتر افزایش مناطق ساخته شده در سمت جنوب و غرب شهر کرمانشاه اتفاق افتاده است. علت این گسترش شهر در سمت غرب کرمانشاه را می‌توان وجود شهرک‌هایی (مانند الهیه) که دارای امکانات و زیر ساخت‌های بهتری نسبت به شرق کرمانشاه بوده‌اند، دانست. با توجه به اینکه اعظم تردد شهرهای استان به شهر کرمانشاه از سمت غرب می‌باشد، این امر نیز می‌تواند دلیل دیگری برای افزایش شهر در این جهت باشد. همچنین در جنوب کرمانشاه، وجود

اراضی بایر از یک طرف، ارتفاع بالاتر این قسمت از شهر که در آب و هوای آن نیز تاثیر مثبت داشته است از طرف دیگر، و نزدیکی به منطقه کسری که محل سکونت طبقات بالای شهر می باشد، رغبت مردم را به سکونت در نزدیکی این مناطق افزون نموده است. این امر باعث شده است شهرکهای متخصصین و ژاندارمری در قسمت جنوب و شهرکهای پردیس و صدرا در جنوب غرب ایجاد گردند.

تقدیر و تشکر

نویسنده بدین وسیله از همه کسانی که به نوعی در انجام این پژوهش یاری رسانده اند، قدردانی مینماید

منابع

- اسلام‌بنیاد، امیر و حاجی‌قادری، طه (۱۳۸۶). تهیه نقشه جنگل‌های طبیعی استان زنجان با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره چهل و دوم، ص ۶۳۸-۶۲۷
<https://www.sid.ir/paper/500732/fa#downloadbottom>
- علوی پناه، سید کاظم (۱۳۸۴). کاربرد سنجنش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۸ صفحه.
<https://www.gisoom.com/book/11279221>
- فلاح‌تکار، سامره؛ سفیانیان، علیرضا؛ خواجه‌الدین، سیدجمال‌الدین و ضیایی، حمیدرضا. ۱۳۸۸. بررسی روند تغییرات پوشش اراضی اصفهان در ۴ دهه گذشته با استفاده از سنجنش از دور- مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی شماره چهل و هفتم، ۳۹۵-۳۸۱.
<http://jcqp.iut.ac.ir/article-1-1062-fa.html>
- قراگوزلو، علیرضا؛ نوری‌کرمانی، علی و کشمیری، زهرا (۱۳۸۸). ارزیابی تغییرات کالبدی و تحلیل توسعه شهری با استفاده از داده های ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا و سامانه های GIS/RS (مطالعه موردی منطقه ۵ تهران). مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست دوره یازدهم، شماره یک، ۲۲۹-۲۱۹.
- <https://www.sid.ir/paper/366813/fa>
- محمد اسماعیل، زهرا (۱۳۸۹). پایش تغییرات کاربری اراضی کرج با استفاده از تکنیک سنجنش از دور، مجله پژوهشهای خاک شماره ۱، جلد ۲۴/الف، ۸۱-۸۸.
- <https://www.sid.ir/paper/159038/fa>
- موسوی، سیدحجت؛ رنجبر، ابوالفضل و حاصلی، مهدی (۱۳۹۴). پایش و روندیابی تغییرات کاربری اراضی حوضه ابرکوه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۹۷: ۱۴۶-۱۲۹.
- https://www.sepehr.org/article_20141_604f4cc6c1511876a87a4b09d71ca3af.pdf
- میرمحمدصادقی، امید؛ نبویان‌پور، محمد؛ یزدانی، سلمان و محمدی‌فرد، شیدا (۱۳۹۷). ارزیابی روش‌های آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی و پهنه آبی تالاب‌های چغاخور و سولگان، نشریه علوم و مهندسی آب، سال ۸، شماره ۲۰، صفحات ۲۱-۷.
- <https://sanad.iau.ir/fa/Article/921907?FullText=FullText>
- Ahadnejad, M. (2002). Environmental land use Change detection and assessment using with multi-temporal satellite imagery (Case Study: Marageh Region). Map Asia 2002- Bangkok – Thailand.
<https://geospatialworld.net/article/environmental-land-use-change-detection-and-assessment-using-with-multi-temporal-satellite-imagery/>
- Al Rawashdeh, S.B. (2012). Assessment of Change Detection Method Based on Normalized Vegetation Index in Environmental Studies. International Journal of Applied Science and Engineering, Vol. 10, No. 2, PP. 89 - 97.
[https://doi.org/10.6703/IJASE.2012.10\(2\).89](https://doi.org/10.6703/IJASE.2012.10(2).89)
- Anderson, James. (2002). A comparison of four change detection techniques for two areas in in the united states. West Virginia university-Master thesis of geography.220 pp
https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1998journal/mar/1998_mar_207-216.pdf
- Arulbalaji, P., & Gurugnanam, B. (2014). Geospatial Science for 16 Years of Variation in Land Use/Land Cover Practice Assessment around Salem District, South India. Journal of Geosciences and Geomatics, Vol. 2, No. 1, Pp. 17-20
DOI: 10.12691/jgg-2-1-3
- Bella, K.P., & Irwin, E.G. 2002. spatially explicit micro-level modeling of land use change at the Rural-urban interface, Agricultural Ecomomics, 27:217-232.
[https://doi.org/10.1016/S0169-5150\(02\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(02)00079-8)
- Berberoglu, S., & Akin, A. (2009). Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean. International Journal of Applied Earth Observation



- and Geoinformation 11: 46-53pp.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2008.06.002>
- Eklundh, L., & Singh, A. (1993). "A comparative analysis of standardized and unstandardized principal component analysis in remote sensing". *International Journal of Remote Sensing*, 14, 1359–1370.
<https://doi.org/10.1080/01431169308953962>
- Fung, T., & Ledrew, E. (1988). The determination of optimal threshold levels for change detection using various accuracy indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 1449–1454.
https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1988journal/oct/1988_oct_1449-1454.pdf
- Fung, T., & Ledrew, E. (1988). The determination of optimal threshold levels for change detection using various accuracy indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54, 1449–1454.
https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1988journal/oct/1988_oct_1449-1454.pdf
- Guirguis, S.K., Hassan, H.M., EL-RAEY, M. E., & Hussan, M.M.A. (1996). "Technical note. Multitemporal change of Lake Brullus, Egypt, from 1983 to 1991". *International Journal of Remote Sensing*, 17, 2915–2921.
<https://doi.org/10.1080/01431169608949118>
- Jabbar, M.T., & Zhou, X. (2011). Eco-environmental change detection by using remote sensing and GIS techniques: a case study Basrah province, south part of Iraq. *Journal of Environ Earth Sci.*, DOI 10.1007/s12665- 011-0964-5.
<https://doi.org/10.1080/01431169608949118>
- Jin, S., Yang, L., Zhu, Z., & Homer, C. (2017). A land cover change detection and classification protocol for updating Alaska NLCD 2001 to 2011. *Remote Sensing of Environment Journal*, 195 (2): 44-55.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.04.021>
- Kachhwaha, T.S. (1985). Temporal Monitoring of forest land for change detectives and forest cover mapping through satellite remote sensing techniques, *Proceedings of the 6th Asian Conference on Remote Sensing*. November 21-26, 1985, Hyderabad, India. PP. 276-281.
DOI: 10.22092/lmj.2016.107014
- Kamusoko, C., & Aniya, M. (2006). Land use/cover change and landscape fragmentation analysis in the Bindura district Zimbabwe. *Land Degrad. and Develop.* 50: 122-133.
<https://doi.org/10.1002/ldr.761>
- Kauth, R.J., & Thomas, G.S. (1976). The tasseled cap development of agricultural corps as as seen by landsat. *Proceeding of symposium on machine processing of remotely sensed data*. Purdue university. West la Fayette, Indiana, (P.47-51).
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.6381&rep=rep1&type=pdf>
- Liengsakul, M., Mekpaiboonwatana, S., Pramojanee, P., Bronsveld, K., & Huizing, H. (1993). Use of GIS and remote sensing for soil mapping and for locating new sites for permanent cropland: a case study in the highlands of Northern Thailand. *Geoderma*, 60: 293–307.
[https://doi.org/10.1016/0016-7061\(93\)90032-G](https://doi.org/10.1016/0016-7061(93)90032-G)
- Lillesand, T.M.R., & Kiefer, W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 4th ed., John Wiley & Sons Pub., New York, 768 pp.
<https://www.amazon.com/Remote-Sensing-Interpretation-Thomas-Lillesand/dp/0471255157>
- Lu, D., Mausel, P., Brondi'zio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *INT. Journal Remote Sensing*, 25 (12), 2365–2407.
<https://doi.org/10.1080/0143116031000139863>
- Madurapperuma, B., Rozario, P., Oduor, P., & Kotchman, L. (2015). Land-use and land-cover change detection in Pipestem Creek watershed, North Dakota. *International Journal of GEOMATICS and GEOSCIENCES*, Vol. 5, No 3, Pp. 416-426.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2001033>
- Parakash, A., & Gupta, R.P. (1998). Land use mapping and change detection in a coal mining area: A case study in the Jharia coalfield, India, *Int. Journal of Remote sensing* 19: 391-410 pp.
<https://doi.org/10.1080/014311698216053>
- Pauchard, A. Aguayo, P.E. Urrutia, R. 2006. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile), *Biological Conservation*, 127:272-281.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.05.015>
- Pontius, J.R.G., & Millones, M. (2011). Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32(15): 4407-4429.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.05.015>

- Pontius, J.R.G., Peethambaram, S., & Castella, J.C. (2011). Comparison of three maps at multiple resolutions: a case study of land change simulation in Cho Don District, Vietnam. *Annals of the Association of American Geographers*, 101(1): 45-62.
<https://doi.org/10.1080/00045608.2010.517742>
- Ridd, M.K., & Liu, J. (1998). A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. *Remote Sensing of Environment* 63: 95–100 pp.
[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00112-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00112-0)
- Sepehry, A., & Liu, G. (2006). 'Flood Induced land cover change detection using multitemporal ETM+ imagery.', in *Proceedings of the 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover: Application and Development*, Matthias Braun (ed.), European Association of Remote Sensing Laboratories and Universität Bonn, Bonn, Germany, pp. 399-406 (Center for Remote Sensing of Land Surfaces).
<https://www.researchgate.net/publication/308326489>
- Shafie, M. (2004). Application of remote sensing technology in the assessment and modeling of land use changes of Qazvin plain, M.Sc.Thesis, Tabriz University, human and social college, 109p.(In persian).
<https://maps.4kia.ir/info2/124225>
- Singh, A., & Harrison, A. (1985). "Standardized principal components". *International Journal of Remote Sensing*, 6, 883–896.
<https://doi.org/10.1080/01431168508948511>
- Sunar, F. (1998). "An analysis of changes in a multi-date data set: a case study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey". *International Journal of Remote Sensing*, 19, 225–235.
<https://doi.org/10.1080/014311698216215>
- Yool, S.R., Makaio, M.J., & Watts, J.M. (1997). Techniques for computer-assisted mapping of rangeland change. *Journal of Range Management*, 50, 307–314.
<https://repository.arizona.edu/handle/10150/644183>
- Zhang, Q., Wang, J., Peng, X., Gong, P., Shi, P. (2002). Urban built-up land change detection with road density and spectral information from multi-temporal Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing* 23(15): 3057 – 3078.
DOI: [10.1080/01431160110104728](https://doi.org/10.1080/01431160110104728)

How to cite this article:

....., (2024). Evaluation of Changes in the Ecological Structure of Behshahr City in Order to Provide Solutions to Improve Landscape Continuity and Promote Environmental Resilience. *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 19(1), 239-256.

ارجا به این مقاله:

..... (۱۴۰۳). ارزیابی تغییرات ساختار اکولوژیک شهر بهشهر به منظور

ایجاد، احکام، حد، حرمت، بهبود، به‌سنگ، منزل، آ، تقاض، تاب، آه، آ، بست، محیط، فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی، سکونتگاه‌ها، انسان، ۱۹(۱)، ۲۵۶-۹

