



ارزیابی توسعه‌ی شهری اصفهان و نقش آن در روند تغییرات پوشش گیاهی محیط شهری

خلیل علی نژاد

دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، لارستان، ایران

محمدابراهیم عفیفی

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، لارستان، ایران (نویسنده مسئول)

afifi.ebrahim6353@gmail.com

مرضیه موغلی

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، لارستان، ایران

پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۳۱

دریافت: ۱۴۰۱/۸/۸

چکیده

در مناطق شهری رشد و توسعه فضای شهری باعث تغییر کاربری اراضی کشاورزی به مسکونی، تجاری و صنعتی شده است. این تغییرات دارای پیامدهای ناخوشایندی بر روی زندگی شهری همچون افزایش آلودگی هوا، کاهش پوشش گیاهی و افزایش دمای محیط می‌باشند. در این تحقیق ارزیابی ۴ شاخص پوشش گیاهی و استخراج کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ پرداخته است. تحقیق حاضر از داده‌های ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM⁺ در سال ۲۰۰۲ و داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ در سال ۲۰۱۵ استفاده شده است. در این تحقیق پس از انجام تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریک با روش‌های مختلف پردازش داده‌ها به منظور آشکارسازی پوشش گیاهی و تغییرات آن، آنالیز گردید. بهترین روش، برای هر یک از زمان‌های مورد بررسی، بر اساس تحلیل همبستگی بین تعدادی از شاخص‌های سنسجش از دور، بارزسای پوشش گیاهی و داده‌های برداشت شده از طریق GPS انتخاب شد. نتایج بدست آمده کارایی شاخص NDVI برای داده‌های سال ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ تایید کرد. نتایج بدست آمده شاخص‌های NDVI، SAVI، ARVI و NDGI به ترتیب با مقادیر ۸۰/۶۰، ۷۸/۱۰، ۷۶/۵۰ و ۷۶/۲۳ بالاترین صحت کلی را در سال ۲۰۰۲ داشته‌اند. همچنین نتایج شاخص‌های مختلف در سال ۲۰۱۵ به ترتیب NDVI، SAVI، NDGI و ARVI مقادیر ۸۴/۷۰، ۸۱/۸۰، ۷۸/۱۵ و ۷۷/۷۵ بالاترین صحت کلی را داشته‌اند. شاخص NDVI به دلیل دارا بودن MAE و MBE پایین‌تر (MAE=۱/۰۲ و MBE=۸/۱۱) در سال ۲۰۰۲ و (MAE=۶/۱۸ و MBE=۰/۹۱) در سال ۲۰۱۵ با کمترین خطا و انحراف معیار نسبی همراه است. نتایج تغییرات درصد تاج پوشش گیاهی نشان داد که کلاس‌های با درصد تاج پوشش بین ۲۰-۱۰ درصد سطح بیشتری را در سال ۲۰۰۲ نسبت به سال ۲۰۱۵ به خود اختصاص داده‌اند در مقابل، از مساحت کلاس‌های با درصد تاج پوشش زیاد یعنی بالاتر از ۴۰٪ در خلال این مدت افزایش پیدا کرده است و از مجموع ۵/۹۵ درصد در سال ۲۰۰۲ به ۷/۶۷ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است. ارزیابی نتایج به دست آمده نشان داد دقت بالاتر CCA₂ و PCA₂ مربوط به سال ۲۰۱۵ نسبت به CCA₁ و PCA₁ که مربوط به سال ۲۰۰۲ می‌باشد بالاتر است. تصاویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه از طریق روش نظارت شده حداکثر احتمال طبقه‌بندی شد نتایج کاهش ۳۳ درصدی مساحت طبقه پوشش سبز را به طبقه شهری نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: سنسجش از دور، لندست، پوشش گیاهی، توسعه شهری، اصفهان.

مقدمه

امروزه دستیابی به اطلاعات درباره‌ی وضعیت پوشش گیاهی - مانند میزان و پراکنش آن - اهمیت زیادی یافته است. (Bannari A, Morin D, Bonn F., Huete A.R2020) استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد. به منظور کاهش تأثیر بازتابی دیگر پدیده‌های سطح زمین و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، از شاخص‌های گیاهی استفاده می‌شود. در واقع شاخص‌های گیاهی برای متمایز ساختن پوشش‌های گیاهی از پدیده‌های دیگر (این امکان با تک باندها میسر نمی‌شود) به کار می‌رود (حجازی ۱۳۹۷: ۸۷).

مدیریت منابع اعم از منابع طبیعی و انسانی مستلزم استفاده از روش‌هایی است که دقت و کارایی مطلوبی داشته باشند و دستیابی به اهداف را با صرف هزینه‌های کمتر آسان‌تر سازند. شناخت چنین منابعی در مرحله‌ی پایه، خود مبتنی بر پیمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های زمینی است؛ لیکن گستردگی سطح این منابع و به ویژه شهرهای بزرگ، عامل محدودکننده‌ای در اندازه‌گیری‌های مستقیم و میدانی به شمار می‌آید (صادقی، ۱۳۹۷).

از این رو، به کارگیری ابزارها و روش‌های کمکی همچون استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای در دستور کار متخصصان قرار گرفته است تا در تلفیق با اندازه‌گیری‌های میدانی اطلاعات مربوط به این منابع نظیر پوشش فراهم گردد. داده‌های ماهواره‌ای بخشی از طیف الکترومغناطیسی بازتابانده شده از پدیده‌های زمینی‌اند که با سنجنده‌های سنجنش از دوری ثبت می‌گردند. (Asrar, G., Fuchs, M., Kanemasu, E. T., and Hatfield, J. L2015) در هر حال برای استفاده از این داده‌ها در شناخت منابع باید ابتدا تأثیر عواملی چون توپوگرافی، بازتاب خاک، تأثیرات اتمسفری و مانند این‌ها تا حد امکان کاهش یابد یا حذف گردد. سپس باید کوشید تا با استفاده از روش‌های مختلف به ارتباط بین این داده‌ها و پدیده‌های زمینی پی برد. این ارتباط می‌تواند بین یکی از مشخصه‌های گیاهی چون تاج پوشش گیاهی از یک سو، و باندهای منفرد طیفی یا ترکیبی از نسبت‌های باندها که اصطلاحاً شاخص‌های گیاهی نامیده می‌شود از سوی دیگر، برقرار گردد (فرزادمهر و همکاران، ۱۳۹۴).

در این تحقیق پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ و انجام تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریک، از طریق برداشت‌های میدانی با GPS و تصاویر گوگل ارث نمونه‌های آموزشی تهیه شد. سپس با استفاده از شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی، ساختار پوشش گیاهی شهر اصفهان را بدست آوردیم. پس از بدست آوردن شاخص‌های پوشش گیاهی در دو زمان مختلف با استفاده آشکارسازی تغییرات به روند تغییرات در دهه اخیر می‌پردازیم. روش آشکارسازی تغییرات^۱ روشی است که در آن تغییرات رخ داده از مشاهده تغییرات در زمان‌های مختلف از اشیا یا وقایع طبیعی بدست می‌آید (سینگ^۲، ۲۰۱۵).

اهداف تحقیق عبارتند از:

- روند تغییرات پوشش گیاهی سبز محیط شهری اصفهان

1- change detection

2- Singh



فن شولت^۳ و همکاران (۲۰۰۶)، مقایسه‌ای بین شاخص گیاهی NDVI حاصل از MODIS، AVHRR GIMMS، Terra و SPOT VGT با داده‌های مشاهداتی انجام دادند. با توجه به عملکرد بالای هر سه ماهواره در مقایسه با داده‌های مشاهداتی، تنها تفاوت آن‌ها در روند تغییراتی شاخص در مناطق مرطوب و خشک بود.

گیو^۴ و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از شاخص‌های NDVI، NDWI و NDDI حاصل از تصاویر ماهواره‌ای MODIS به ارزیابی خشکسالی در جلگه‌های مرکزی ایالات متحده پرداختند. شاخص NDDI در مقایسه با تفاضل شاخص‌های NDVI و NDWI از حساسیت بیشتری نسبت به شرایط خشکسالی تابستان برخوردار بود.

سونار (۱۹۸۸) با استفاده از داده‌های سنجنده TM مربوط به سال‌های ۱۹۸۴ و ۱۹۹۲ و با استفاده از روش‌های روی هم‌اندازی تصاویر، تفریق تصاویر و تحلیل مولفه‌های اصلی و مقایسه پس از طبقه‌بندی، تغییرات کاربری اراضی در ناحیه ایکتیالی ترکیه را مطالعه کرد و نتیجه گرفت که تحلیل مولفه‌های اصلی و طبقه‌بندی تصاویر نتایج بهتری را ارائه می‌دهند.

کولینز و ودکوک (۱۹۹۶)، تکنیک‌های پایش تغییر خطی را برای ترسیم مرگ و میر جنگل با استفاده از داده‌های لندست استفاده کرده و دریافته‌اند که روش‌های آنالیز مولفه اصلی و تبدیل چندزمانی تسلدکپ به خوبی توانسته‌اند تغییرات رخ داده در این مناطق جنگلی را بارز کنند.

پراکاش و گوپتا (۱۹۹۸)، برای پایش تغییرات کاربری اراضی در یک منطقه استفاده کردند و NDVI استخراج معدن در هند از روش تفاضل تصویر، نسبت‌گیری تصویر و تفاضل 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.

پت و همکاران (۲۰۰۱)، روش‌های تفاضل تصویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی و ترکیبی از این دو را برای پایش تغییر پوشش زمین در جنوب شرقی زامبیا استفاده کردند و دریافته‌اند که روش پایش تغییر هیبرید نسبت به روش‌های تفاضل تصویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی به طور منفرد موفقیت بهتری داشته است.

سپهری و جانلیو (۲۰۰۶)، از تکنیک‌های مختلف تغییر شامل و آنالیز برداری تغییرات برای تهیه نقشه NDVI مقایسه بعد از طبقه‌بندی، تفاضل تصویر و تفاضل 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.

شفیعی و حسینی (۱۳۹۲)، بررسی پوشش گیاهی به کمک داده‌های ماهواره‌ای در منطقه سیستان را مورد مطالعه قرار دادند، و روند تغییرات پوشش گیاهی منطقه در دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ را ارزیابی کردند.

قاسمیان یزدی و غیاثوند (۱۳۹۳)، جهت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر TM در منطقه جنوب تهران با فاصله زمانی شش سال از روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی و منطق فازی استفاده شد که در این تحقیق از تصاویر باقیمانده و آنالیز رگرسیون توانستند تغییرات و عدم تغییرات کاربری اراضی را تشخیص دهند.

3- Fensholt

4- Gu

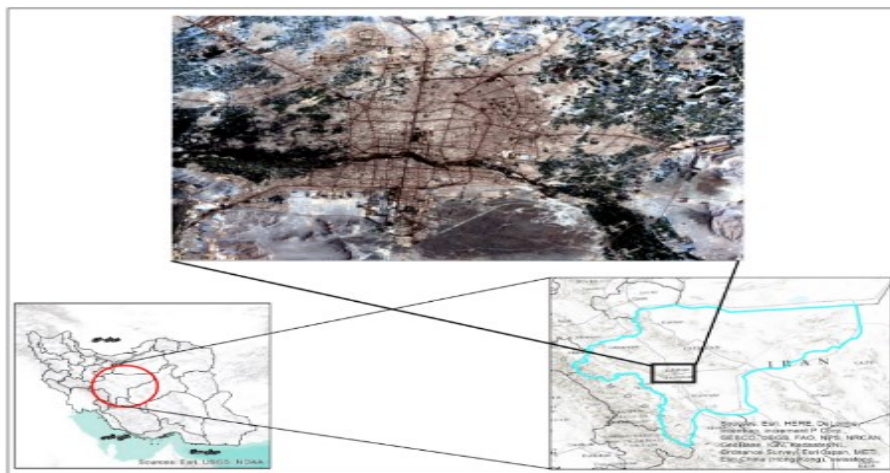
هدف مطالعه ارزیابی روند بیابان‌زایی و مقایسه برخی تکنیک‌های پایش تغییر کاربری اراضی در منطقه بیابانی دهلران با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بوده است.

روش‌شناسی تحقیق

منطقه مورد مطالعه

محدوده شهری اصفهان به چهارده منطقه تقسیم می‌شود و در خارج از محدوده شهری نیز از غرب به سمت خمینی‌شهر و نجف‌آباد، از جنوب کوه صفه و سپاهان‌شهر، از سمت شمال به شاهین‌شهر و از شرق نیز به دشت سگری منتهی می‌شود. منطقه مورد مطالعه در واقع یک پنجره از شهر اصفهان و قسمت حاشیه‌ای آن را شامل می‌شود که انتخاب آن به گونه‌ای بوده که دامنه وسیعی از تغییرات درصد تاج پوشش گیاهی به عنوان پارامتر مورد بررسی در این تحقیق را در بر می‌گیرد (شکل ۳-۱). در محدوده ۵۱ درجه و ۳۴ دقیقه و ۲ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۱ ثانیه عرض شمالی تا ۵۱ درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۶ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۴ دقیقه و ۲ ثانیه عرض شمالی استفاده شده است.

میانگین مجموع بارش سالیانه در منطقه، بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلیمتر و دمای متوسط هوا ۱۶/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین تبخیر و تعرق سالانه ۱۵۶۸ میلیمتر برآورد شده است اقلیم این منطقه به روش آمبرژه خشک سرد، به روش دومارتن خشک، به روش گوسن نیم بیابانی شدید و روش کوپن BWhs می‌باشد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

در این پژوهش از سه دسته داده شامل تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰، شهر اصفهان به صورت رقومی و برداشت‌های میدانی (با استفاده از GPS)، استفاده گردید. برای تهیه نقشه پوشش گیاهی و سپس کشف تغییرات در طی دوره مطالعاتی سه مرحله پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام گرفت.

در مرحله پیش‌پردازش، تصحیحات رادیومتریک، آتسفتری و هندسی بر روی تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزارهای ENVI صورت گرفت. پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ و سایر اطلاعات مورد نیاز، اقدام به تشکیل پایگاه داده در محیط GIS شد. در نهایت روند تغییرات پوشش گیاهی محدوده شهر



اصفهان در طول دوره مطالعاتی استخراج شد. همچنین میزان دقت روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت.

((Candau J2020.

داده‌ها و اطلاعات

جدول ۱ داده‌ها و نقشه‌های مورد استفاده تحقیق

ردیف	داده	نوع داده	قدرت تفکیک مکانی	مرجع اخذ	سال
۱	نقشه رقومی معابر و خیابان‌های شهر اصفهان	رقومی	۱/۵۰۰۰۰	openstreetmap	۲۰۱۵
۲	تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷	رستری	۳۰ متر	سایت اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا	ژوئن ۲۰۰۲
۳	تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸	رستری	۳۰ متر	سایت اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا	ژوئن ۲۰۱۵
۴	مدل توپوگرافی	رستری	۳۰ متر	سایت اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا	۲۰۱۲
۵	برداشت میدانی با GPS	برداری	بین ۳-۱۵ متر	---	--

جدول ۲ خصوصیات سنجنده‌های OLI و ETM⁺

ماهواره	نوع سنجنده	شماره‌ی باندها و محدوده رنگ‌ها	تفکیک طیفی طول موج (μm)	تفکیک مکانی (m)
لندست ۷	ETM ⁺	۱ (Blue)	۰/۴۵-۰/۵۲	۳۰
		۲ (Green)	۰/۵۲-۰/۶۰	
		۳ (Red)	۰/۶۳-۰/۶۹	
		۴ (NIR)	۰/۷۷-۰/۹۰	
		۵ (NIR)	۱/۵۵-۱/۷۵	
		۶ (SWIR2)	۱۰/۴-۱۲/۵	
		۷ (SWIR3)	۲/۰۹-۲/۳۵	
۱۵		۸ (Pan)	۰/۵۲-۰/۹۰	
لندست ۷	OLI	۱ (New deep Blue)	۰/۴۳۳-۰/۴۵۳	۳۰

	۰/۴۵-۰/۵۱۵	۲ (Blue)	۸
	۰/۵۲۵-۰/۶	۳ (Green)	
	۰/۶۳-۰/۶۸	۴ (Red)	
	۰/۸۴۵-۰/۸۸۵	۵ (NIR)	
	۱/۵۶-۱/۶۶	۶ (SWIR2)	
	۲/۱-۲/۳	۶ (SWIR2)	
۱۵	۰/۵-۰/۶۸	۷ (SWIR3)	
۳۰	۱/۳۶-۱/۳۹	۸ (Pan)	
۱۰۰	۱۰/۳-۱۱/۳	۱۰ (Thermal)	TIRS
	۱۱/۵-۱۲/۵	۱۱ (Thermal)	

Chamard, P., Courel, M.F., Docouso, M., Guenegou, M.C., Le Rhun, j., Levasseur, J.E., Losel, C., Togola, M. (۲۰۱۷)^۵

تلفیق تصاویر^۶

استفاده از داده‌های با خصوصیات مکانی و طیفی مختلف در کنار یکدیگر، استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای را دقیق‌تر می‌سازد. برای بهره‌برداری بهینه از داده‌های چند سنجنده‌ای، روش‌هایی تحت عنوان تلفیق داده‌های رقومی (Digital Data Integration) توسط محققین ارائه شده است. به طور کلی تلفیق تصاویر در سه سطح متفاوت از پردازش داده‌ها انجام می‌شود که مدل‌هایی که در سطح پیکسل می‌باشند اصطلاحاً به روش‌های تلفیق یا ترکیب تصویر Image Level معروفند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱).

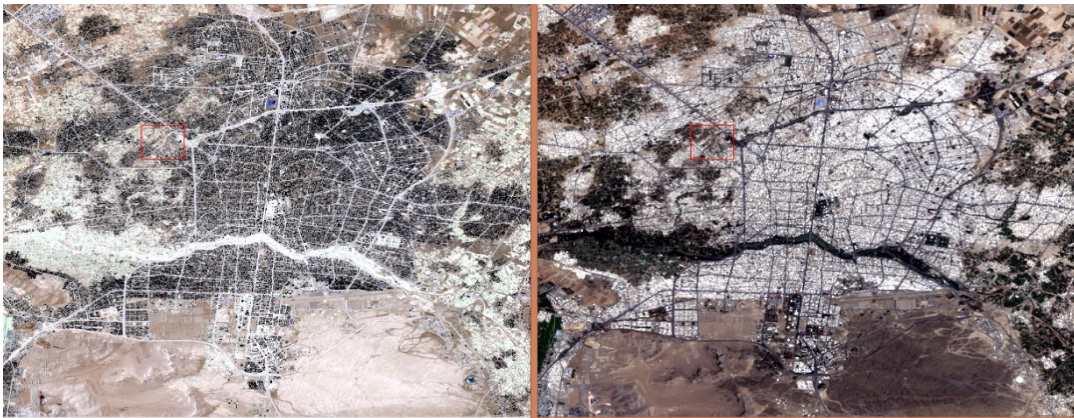
در این روش‌ها نرم‌افزار با استفاده از باندهای با قدرت تفکیک بالاتر، سایر باندهای با قدرت تفکیک کمتر را بر اساس باند با قدرت تفکیک بالا بازسازی می‌کند و تصویر با کیفیت بالایی ارائه می‌دهد.

در این تحقیق از تکنیک PC^v به عنوان یکی از متدهای تبدیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است. شکل ادغام باندی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ را نشان می‌دهد. (Chapin, F.S2018)

⁵- http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

6- Image Fusion

7- PC Spectral Sharpening



شکل ۲ ادغام بانندی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سال ۲۰۱۵

(شکل سمت چپ ترکیب ۴۳۲ باندهای ادغام یافته)

محاسبه درصد تاج پوشش گیاهی

در این تحقیق مناطق مناسب برای برداشت اطلاعات میدانی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تجربیات مطالعات گذشته و بازدیدهای میدانی، مشخص شد. همزمان با برداشت تصویر نمونه برداری از پوشش گیاهی، با پلات به روش اندازه‌گیری دو قطر اصلی تاج پوشش گیاهی، انجام یافت. سعی شد پلات‌ها از عوارضی مانند جاده‌ها، مناطق مسکونی و آبراهه‌ها فاصله حداقل ۲۰۰ متری داشته باشد. ابعاد پلات‌ها با در نظر داشتن قدرت تفکیک سنجنده‌های مورد مطالعه با ابعاد موثر (۳۰ متر) در نظر گرفته شد. مختصات مرکز هر پلات با استفاده از دستگاه GPS برداشت گردید.

جدول ۳: اطلاعات پلات‌های برداشت شده در محدوده شهر اصفهان

مختصات UTM		پوشش گیاهی %	سنگریزه %	خاک لخت %	شن %	سایر سطوح %	پلات
Y	X						
۳۶۰۷۳۲۳	۵۵۹۱۱۸	۸	۱۴	۵۴	۲۲	۲	۰
۳۶۰۶۷۴۸	۵۶۱۴۲۸	۳۴	۷	۲۸	۲۷	۴	۱
۳۶۰۶۳۱۴	۵۶۱۷۵۶	۳۱	۲۴	۲۷	۱۸	۰	۲
۳۶۰۶۱۲۵	۵۶۰۷۸۹	۷	۲۸	۵۵	۱۰	۰	۳
۳۶۰۶۷۸۲	۵۶۱۴۸۷	۲۹	۷	۳۰	۳۴	۰	۴
۳۶۰۶۱۶۵	۵۶۲۶۲۶	۲۹	۷	۳۱	۳۳	۰	۵
۳۶۱۲۰۸۱	۵۶۱۴۸۱	۵۷	۴	۳۲	۷	۰	۶
۳۶۱۲۰۵۸	۵۶۱۷۸۶	۵۳	۴	۳۶	۷	۰	۷
۳۶۰۹۳۷۷	۵۶۷۹۴۱	۴۹	۱۲	۳۴	۵	۰	۸
۳۶۰۹۰۵۱	۵۶۸۰۵۶	۴۵	۸	۳۳	۱۴	۰	۹
۳۶۱۰۳۳۵	۵۶۶۶۰۰	۴۴	۴	۱۷	۳۵	۰	۱۰

۳۶۱۰۷۶۸	۵۶۶۱۷۰	۵۲	۳۸	۷	۳	۰	۱۱
۳۶۱۵۸۴۶	۵۶۹۰۶۱	۱۵	۱۲	۵۵	۱۸	۰	۱۲
۳۶۱۰۹۲۲	۵۶۶۰۷۳	۹	۲۴	۳۴	۳۳	۰	۱۳
۳۶۱۳۱۲۳	۵۵۸۴۸۵	۶۴	۴	۴	۳	۲۵	۱۴
۳۶۱۳۱۳۰	۵۶۰۳۲۷	۵۴	۱۴	۲۷	۰	۵	۱۵
۳۶۱۱۷۷۹	۵۶۲۲۷۲	۲۸	۷	۲۸	۰	۳۷	۱۶
۳۶۱۱۷۳۸	۵۶۲۸۱۴	۲۷	۲۴	۱۷	۱۴	۱۸	۱۷
۳۶۱۱۲۲۳	۵۶۴۵۵۴	۵۵	۲۸	۷	۰	۱۰	۱۸
۳۶۱۰۵۷۱	۵۶۶۲۷۴	۳۰	۷	۲۰	۰	۴۳	۱۹
۳۶۱۲۳۱۱	۵۶۶۶۴۹	۳۱	۷	۲۸	۰	۳۴	۲۰
۳۶۱۷۳۶۰	۵۶۲۲۴۰	۳۲	۴	۳۳	۷	۲۴	۲۱
۳۶۲۰۹۷۰	۵۶۱۴۳۲	۳۶	۰	۲۷	۴	۳۳	۲۲
۳۶۲۰۶۲۵	۵۶۰۹۲۵	۴۹	۱۲	۷	۰	۳۲	۲۳
۳۶۲۰۰۹۸	۵۶۳۲۶۴	۴۵	۰	۵	۰	۵۰	۲۴

به منظور بررسی میزان همبستگی درصد تاج پوشش هر پلات با شاخص‌های گیاهی، تحلیل رگرسیون خطی ساده بین درصد تاج پوشش پلات‌ها به عنوان متغیر وابسته و مقادیر متناظر هر پلات در شاخص‌های گیاهی به عنوان متغیر مستقل انجام و ضریب توصیف (R^2) و همبستگی (r) آن‌ها محاسبه و مدل‌های درصد تاج پوشش تهیه شد. در بین شاخص‌های گیاهی، شاخص NDVI دارای حداکثر مقدار ضریب توصیف گیاهی به مقدار ۰/۶۹ در سال ۲۰۰۲ و ۰/۷۸ در سال ۲۰۱۵، با درصد تاج پوشش در منطقه بود. بنابراین برای تهیه نقشه درصد تاج پوشش گیاهی از این شاخص استفاده شد. با توجه به دامنه درصد تاج پوشش گیاهی که در نمونه‌برداری‌های میدانی از منطقه به دست آمده و مقادیر صفر تا ۱۰۰ در مزارع کشاورزی را شامل می‌شد و فراوانی مقادیر به دست آمده از نمونه‌برداری میدانی، مقادیر درصد تاج پوشش گیاهی به ۴ طبقه (۰ تا ۱۰٪، ۱۰ تا ۲۰٪، ۲۰ تا ۴۰٪ و بیش از ۴۰٪) تقسیم شد. با استفاده از مدل تهیه شده از شاخص NDVI آستانه بالای هر طبقه در شاخص گیاهی محاسبه شد. نقشه پوشش گیاهی با استفاده از آستانه‌های به دست آمده و اعمال طبقه‌بندی مجدد بر روی شاخص NDVI تهیه شد. (Dellepiane, S.G., Smith, P.C., 2017)

تجزیه مؤلفه‌های متعارف (CCA)^۸

CCA، یک روش تبدیل است که امکان تفکیک‌پذیری، حداکثری بین کلاس‌ها را به وسیله نمونه‌های آموزشی فراهم می‌آورد. هر مؤلفه متوالی به طور تصاعدی دارای واریانس کمتری نسبت به باندهای اصلی است. تجزیه مؤلفه‌های متعارفی جهت استخراج ماتریس کواریانس از نواحی آموزشی در تصویر اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تبدیل به دست آمده از این طریق دارای محورهای اصلی جهت‌دار است که کلاس‌های آموزشی در آن به خوبی

^۸- Canonical correlation analysis



تفکیک شده‌اند (کتیرینگ، ۱۹۷۱). این تبدیل، نسبت واریانس بین کلاسی را به حداکثر می‌رساند. این نسبت با معادله زیر درون کلاسی نشان داده می‌شود (بوید و همکاران، ۱۹۸۳):

$$\frac{\partial^2 A}{\partial^2 W} \quad \text{معادله (۳-۱۵)}$$

در معادله بالا:

$\partial^2 A$: واریانس بین کلاسی

$\partial^2 W$: واریانس درون کلاسی

برای به دست آوردن ماتریس تبدیل، باید مقادیر ویژه و بردارهای ویژه با حل معادله زیر به دست آید:

$$(\sum_A - \lambda \sum_W) D = 0 \quad \text{معادله (۳-۱۶)}$$

در معادله بالا:

\sum_A : ماتریس بین کلاسی،

\sum_W : ماتریس درون کلاسی،

λ : ماتریس قطری،

D : بردارهای ویژه.

در این روش نیز CCA هر تاریخ، جداگانه تهیه شد و سپس تصویر CCA ثانویه از اولیه تفریق گردید.

یافته های تحقیق

به طوری که ملاحظه می‌شود بین باندهای سنجنده ETM^+ همبستگی بالایی وجود دارد که این موضوع نشان دهنده‌ی آن است که میزان تغییرپذیری اطلاعات در باندهای مختلف سنجنده اختلاف زیادی وجود ندارد. جدول (۴-۱) همبستگی بین باندهای مختلف تصویر سال ۲۰۰۲ ماهواره لندست ۷ را نشان می‌دهد. باندهای ۱ و ۲ و ۳ و ۷ بالاترین میزان همبستگی را با همدیگر دارند. در ترکیب باندی نیز باندهای مورد اشاره بکار برده شده است.



جدول ۴: همبستگی بین باندهای تصویر سال ۲۰۰۲ ماهواره لندست ۷

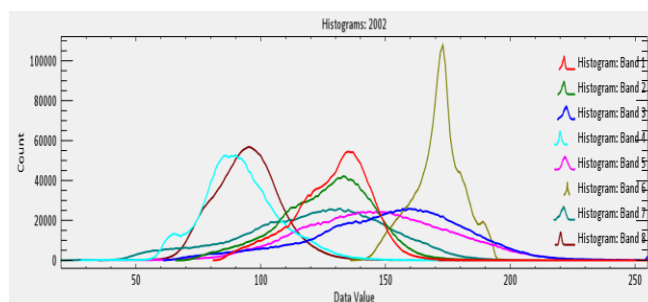
Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
Band 1	۱	۰/۹۷۲	۰/۹۳۲	۰/۰۱۴	۰/۷۴۹	۰/۵۶۳	۰/۸۹۹	۰/۶۰۷
Band 2	۰/۹۷۲	۱	۰/۹۸۱	۰/۱۶۱	۰/۸۴۱	۰/۵۳۴	۰/۹۲۵	۰/۷۲۰
Band 3	۰/۹۳۲	۰/۹۸۱	۱	۰/۱۸۵	۰/۸۸۱	۰/۵۵۵	۰/۹۲۹	۰/۷۳۵
Band 4	۰/۰۱۴	۰/۱۶۱	۰/۱۸۵	۱	۰/۴۸۳	-۰/۳۹۸	۰/۱۴۳	۰/۷۱۰
Band 5	۰/۷۴۹	۰/۸۴۱	۰/۸۸۱	۰/۴۸۳	۱	۰/۳۷۴	۰/۹۱۰	۰/۸۴۰
Band 6	۰/۵۶۳	۰/۵۳۴	۰/۵۵۵	-۰/۳۹۸	۰/۳۷۴	۱	۰/۵۷۴	۰/۱۰۴
Band 7	۰/۸۹۹	۰/۹۲۵	۰/۹۲۹	۰/۱۴۳	۰/۹۱۰	۰/۵۷۴	۱	۰/۶۷۴
Band 8	۰/۶۰۷	۰/۷۲۰	۰/۷۳۵	۰/۷۱۰	۰/۸۴۰	۰/۱۰۴	۰/۶۷۴	۱

همبستگی بین باندهای تصویر سال ۲۰۱۵ ماهواره لندست ۸

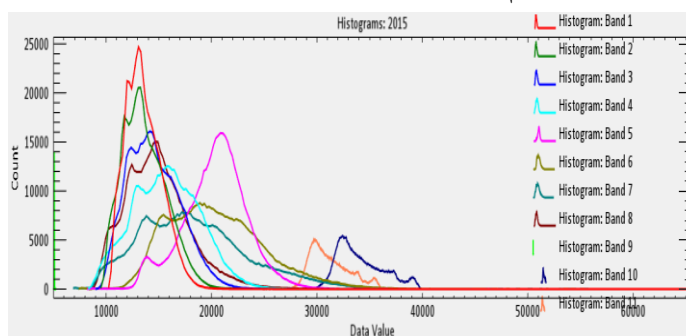
Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Band 9
Band 1	۱	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۵	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۸۵	۰/۳۷
Band 2	۰/۹۹	۱	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۵۲	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۳۶
Band 3	۰/۹۸	۰/۹۹	۱	۰/۹۹	۰/۵۵	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۸۷	۰/۳۵
Band 4	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۹	۱	۰/۵	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۸۷	۰/۳۳
Band 5	۰/۵	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵	۱	۰/۶۳	۰/۵۳	۰/۴۶	۰/۲۱
Band 6	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۶۳	۱	۰/۹۸	۰/۸۴	۰/۳۳
Band 7	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۵۳	۰/۹۸	۱	۰/۸۵	۰/۳۵
Band 8	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۴۶	۰/۸۴	۰/۸۵	۱	۰/۳
Band 9	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳	۱

همبستگی بین باندها

استفاده از هیستوگرام درجه روشنایی باندهای مختلف اهمیت زیادی برای پردازش تصاویر رقومی داده‌های ماهواره‌ای دارد. هیستوگرام فراوانی هر یک از درجات روشنایی بین حداقل و حداکثر آن‌ها می‌باشند. این حداقل و حداکثر براساس قدرت تفکیک رادیومتریک سنجنده و پدیده‌های زمینی موجود در تصویر می‌باشد هیستوگرام باندهای مختلف تصویر سال ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ ماهواره لندست ۷ و ۸ را نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمودار هیستوگرام باندهای مختلف تصویر سال ۲۰۰۲ ماهواره لندست ۷



شکل ۴: نمودار هیستوگرام انعکاس طیفی باندهای مختلف تصویر سال ۲۰۱۵ ماهواره لندست ۸

در اشکال فوق بالاترین همبستگی مربوط به همبستگی بین باندهای ۱ و ۲ و ۳ و ۷ بالاترین میزان همبستگی در تصویر سال ۲۰۰۲ و همچنین همبستگی بین باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۷ در تصویر سال ۲۰۱۵ می باشد.

محاسبه درصد تاج پوشش گیاهی

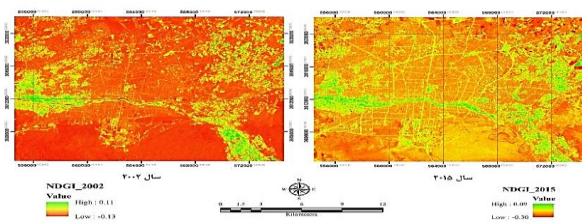
نقشه پوشش گیاهی با استفاده از آستانه‌های به دست آمده و اعمال طبقه‌بندی مجدد بر روی شاخص NDVI تهیه شد. درصد تاج پوشش گیاهی که در نمونه‌برداری‌های میدانی از منطقه به دست آمده و مقادیر صفر تا ۱۰۰ در مزارع کشاورزی را شامل می‌شد و فراوانی مقادیر به دست آمده از نمونه‌برداری میدانی، مقادیر درصد تاج پوشش گیاهی به ۴ طبقه تقسیم شد. با استفاده از مدل تهیه شده از شاخص NDVI آستانه بالای هر طبقه در شاخص گیاهی محاسبه شد.

جدول ۵ مدل پوشش گیاهی تهیه شده با استفاده از شاخص‌های گیاهی تهیه شده از تصاویر سنجنده‌های ETM⁺ و OLI ماهواره لندست ۷ و ۸ برای سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد.

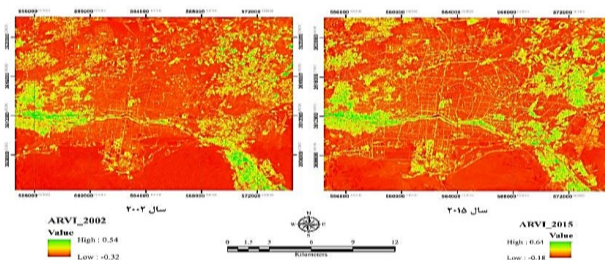
جدول ۵: مدل‌های تولید شده با استفاده از شاخص‌های گیاهی

سال	شاخص	رابطه آماری بدست آمده	ضریب همبستگی R ²
سال ۲۰۰۲	NDGI	$Y = 1.26X + 7.02$	۰/۶۳
	ARVI	$Y = 1.11X + 30.17$	۰/۶۷
	NDVI	$Y = 11.3 - 32.7$	۰/۶۹
	SAVI	$Y = 0.89X - 14.46$	۰/۶۳
سال ۲۰۱۵	NDGI	$Y = 0.72X - 7.7$	۰/۷۰
	ARVI	$Y = 17.3X + 24.89$	۰/۷۷
	NDVI	$Y = 39.7X + 64.66$	۰/۷۸
	SAVI	$Y = -97.41X + 12.43$	۰/۷۶

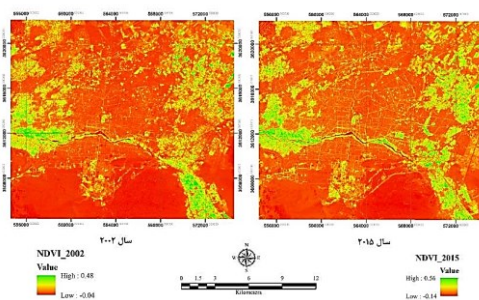
بر اساس جدول برای داده‌های سال ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲ شاخص NDVI همبستگی بهتر و مناسب‌تری را با پوشش گیاهی نشان داده و به عنوان روش برتر در طبقه‌بندی مجدد استفاده گردیدند.



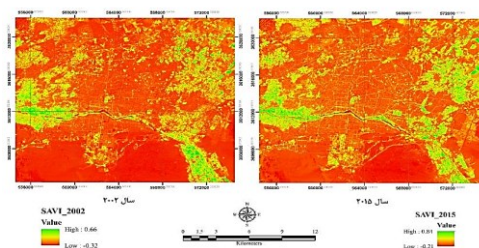
شکل ۵ شاخص NDGI در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲



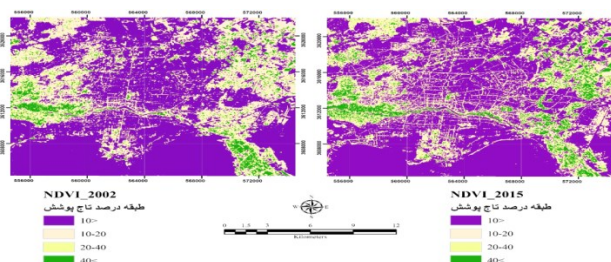
شکل ۶ شاخص ARVI در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲



شکل ۷ شاخص NDVI در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲



شکل ۸ شاخص SAVI در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲



شکل ۹ نقشه طبقات تاج پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد شاخص NDVI در هر دو تصویر مربوط به سال ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲ از ضریب همبستگی بالایی (به ترتیب ۰/۶۹ و ۰/۷۸)، برخوردار می‌باشد. در این جدول Y مربوط به تاج پوشش گیاهی و متغیر X مربوط به شاخص گیاهی است. شکل (۹-۴)، نقشه طبقات درصد تاج پوشش گیاهی را با استفاده از تصویر سنجنده ETM^+ و OLI در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲ نشان می‌دهد.

به طور کلی کلاس‌های با درصد تاج پوشش بین ۲۰-۱۰ درصد سطح بیشتری را در سال ۲۰۰۲ نسبت به سال ۲۰۱۵ به خود اختصاص داده‌اند (از ۲۶/۴۲ در سال ۲۰۰۲ به ۲۱/۹۸ درصد در سال ۲۰۱۵). در مقابل، از مساحت کلاس‌های با درصد تاج پوشش زیاد یعنی بالاتر از ۴۰٪ در خلال این مدت افزایش پیدا کرده است و از مجموع ۵/۹۵ درصد در سال ۲۰۰۲ به ۷/۶۷ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است. تغییرات ایجاد شده تا حدود زیادی می‌توان به رشد نهال‌های درختی کاشته شده در سطح شهر و همچنین رشد و توسعه برخی از باغات حاشیه شهر نسبت داد. که باعث افزایش درصد تاج پوشش گیاهی در نتایج بدست آمده شده است.

بررسی تغییرات در طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۲ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و لندست ۸ که بر اساس شاخص‌های مختلف مورد ارزشیابی قرار گرفته‌اند. همانطور که پیش از این گفته شد، جهت مقایسه میان



شاخص‌ها از پارامترهای صحت کاربر، تولید کننده و کلی و آماره‌ی کاپا و روش‌های آماری MBE و MAE استفاده شده است.

– ارزیابی نتایج شاخص‌های گیاهی

پس از کالیبره نمودن محاسبات آماری تصاویر لندست جهت ارزیابی دقت شاخص‌های گیاهی مورد استفاده در این مطالعه ۲۰۰ نقطه واقعیت زمینی از مناطق دارای تغییرات کاهشی، افزایشی و بدون تغییر با استفاده از تصاویر Google Earth، تصاویر رنگی کاذب ETM⁺ و OLI و بازدیدهای میدانی برداشت شده و بر اساس آن‌ها دقت تولیدکننده، دقت استفاده کننده، دقت کل و ضریب کاپا برآورد گردید که نتایج آن در اشکال (۴-۵) الی (۴-۸) ارائه شده است.

همان‌طور که از جدول (۴-۴) مشخص است، نتایج ارزیابی شاخص‌های گیاهی در سال ۲۰۰۲ به ترتیب NDVI، SAVI، ARVI و NDGI بالاترین صحت کلی را در پی داشته‌اند، ولی در مورد شاخص‌ها باید به پارامترهای صحت کاربر و تولید کننده هم به همین میزان توجه داشت تا بتوان برتری هر یک از شاخص‌ها را در زمینه‌ی شناسایی نوع خاصی از طبقات پوشش گیاهی در منطقه‌ی مورد مطالعه تعیین کرد.

جدول ۶: نتایج ارزیابی صحت شاخص‌ها در سال ۲۰۰۲

شاخص‌ها								طبقات
ARVI		NDVI		NDGI		SAVI		
P(%)	U(%)	P(%)	U(%)	P(%)	U(%)	P(%)	U(%)	
۷۳/۱۰	۸۲/۵۰	۸۳/۱۰	۸۹/۱۰	۷۰/۱۰	۸۱/۴۰	۷۶/۵۰	۸۳/۱۰	۱۰>
۶۹/۴۰	۷۳/۵۰	۷۲/۱۰	۷۶/۴۰	۶۷/۱۰	۷۱/۵۰	۶۹/۹۰	۷۲/۴۰	۱۰-۲۰
۷۵/۶۰	۷۹/۷۰	۷۹/۶۰	۸۲/۶۰	۷۲/۶۰	۷۹/۷۰	۷۶/۶۰	۸۲/۶۰	۲۰-۴۰
۶۵/۶۰	۷۰/۳۰	۷۱/۶۰	۷۴/۳۰	۶۵/۶۰	۷۲/۳۰	۷۰/۶۰	۷۴/۳۰	>۴۰
۷۶/۵۰		۸۰/۶۰		۷۶/۲۳		۷۸/۱۰		OA(%)
۷۰/۹۳		۷۶/۶۰		۶۸/۸۵		۷۳/۴۰		K

نتایج ارزیابی شاخص‌های گیاهی در سال ۲۰۱۵ به ترتیب NDVI، SAVI، NDGI و ARVI بالاترین صحت کلی را در پی داشته‌اند، جدول (۴-۵) جزئیات نتایج را نشان می‌دهد.

جدول ۷: نتایج ارزیابی صحت شاخص‌ها در سال ۲۰۱۵

شاخص‌ها								طبقات
ARVI		NDVI		NDGI		SAVI		
P(%)	U(%)	P(%)	U(%)	P(%)	U(%)	P(%)	U(%)	
۷۸/۱	۸۳/۵	۸۴/۱	۹۲/۱	۷۱/۴	۸۱/۴	۸۳/۱	۸۴/۳	۱۰>
۶۹/۴	۷۷/۵	۷۶/۱	۸۳/۶	۷۱/۵	۷۱/۵	۷۲/۱	۸۱/۲	۱۰-۲۰



۷۴/۶	۷۹/۷	۸۱/۶	۸۵/۷	۸۰/۷	۸۴/۴	۷۹/۶	۸۴/۵	۲۰-۴۰
۶۵/۶	۷۰/۳	۷۴/۳	۷۷/۴	۷۲/۳	۷۵/۳	۷۱/۶	۷۷/۲	>۴۰
۷۷/۷۵		۸۴/۷۰		۷۸/۱۵		۸۱/۸۰		OA(%)
۷۱/۹۳		۷۹/۰۳		۷۳/۹۸		۷۶/۶۰		K

*U(%): صحت کاربر؛ P(%): صحت تولید کننده؛ OA(%): صحت کلی؛ K: کاپا.

تفاضل شاخص پوشش گیاهی

پس از تهیه نقشه شاخص‌های پوشش گیاهی در دو تاریخ ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵، (اشکال ۴-۵ الی ۴-۸) و برقرار رابطه همبستگی بین عدد رقمی پیکسل نمونه برای هر شاخص و درصد تاج پوشش در همان نقطه (جدول ۴-۳) نقشه پوشش گیاهی بر اساس بالاترین همبستگی و دقت کلی، ضریب کاپا و شاخص‌های MAE، MBE (جدول ۴-۶) برای هر دو تاریخ داده‌های ماهواره‌ای بصورت جداگانه تهیه شد. ارزیابی شاخص‌های مختلف با استفاده از روش‌های MBE و MAE مشخص شد که شاخص NDVI بالاترین دقت را در این دو آزمون دارد. شاخص NDVI در سال‌های ۲۰۰۲ با میزان MAE= ۸/۱۱ و MBE= ۱/۰۲ و در سال ۲۰۱۵ با MAE= ۶/۱۸ و ۰/۹۱ نسبت به سایر شاخص‌های مورد مطالعه در اولویت قرار دارد. در ادامه پس از مشخص شدن بالاترین دقت، درصد تاج پوشش گیاهی تهیه شد و سپس نقشه تفاضل درصد تاج پوشش به صورت شکل (۹-۴) ترسیم شده است.

جدول ۸: نتایج مختلف شاخص‌های پوشش گیاهی جهت برآورد درصد تاج پوشش گیاهی

سال	شاخص	MAE	MBE
سال ۲۰۰۲	NDGI	۳۸/۲۳	۶/۵۵
	ARVI	۳۲/۱۲	۵/۰۴
	NDVI	۸/۱۱	۱/۰۲
	SAVI	۹/۱۲	۲/۸۷
سال ۲۰۱۵	NDGI	۱۵/۴	۲۳/۰۱
	ARVI	۹/۰۴	۳۴/۱۲
	NDVI	۶/۱۸	۰/۹۱
	SAVI	۹/۱۲	۱/۶۴

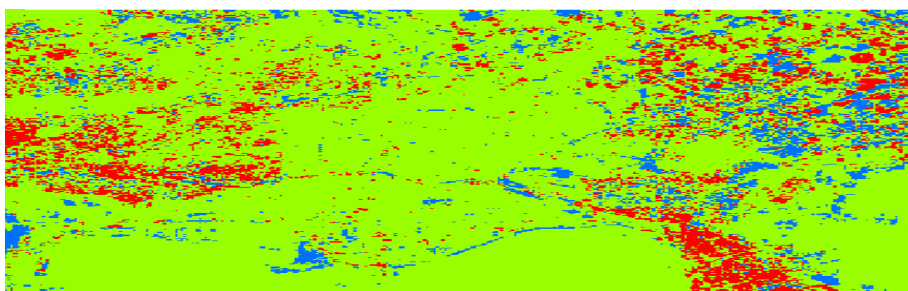
شکل (۱۰-۴) نقشه به دست آمده از تکنیک تفاضل شاخص نشان می‌دهد که این تکنیک در تفکیک کلاس‌های تغییر، به نحو بهتری عمل کرده است. با استفاده از بازدیدهای میدانی در سطح شهر و محیط پیرامون شهر اصفهان مقادیر درصد تاج پوشش گیاهی به ۴ طبقه (۰-۱۰٪، ۱۰ تا ۲۰٪، ۲۰ تا ۴۰٪ و ۴۰ درصد به بالاتر) تقسیم شد. طبق بازدیدهای میدانی آستانه بالای طبقه اول یعنی ۱۰ درصد به عنوان مبنای تغییرات در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ مورد

استفاده قرار گرفت. در واقع این میزان درصد تاج پوشش گیاهی (۱۰ درصد) طبق نظر کارشناسان محدوده نسبتاً دقیق جهت تشخیص تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سری لندست می‌باشد (والتون و همکاران، ۲۰۰۸). در بررسی جدول (۴-۷) تغییرات افزایشی بیانگر افزایش پیکسل‌های با تاج پوشش گیاهی در طبقات مختلف درصد تاج پوشش گیاهی است. و تغییرات کاهش‌ی بیانگر کاهش پیکسل‌های با تاج پوشش گیاهی در طبقات مختلف درصد تاج پوشش گیاهی است. همچنین در قسمت بدون تغییرات مناطقی که درصد تاج پوشش گیاهی در تحلیل تفاضل شاخص گیاهی بدون تغییرات مانده است. طبق نتایج بدست آمده بیشترین درصد تغییرات کاهش‌ی تاج پوشش گیاهی در طبقه ۲۰-۱۰ با رقم ۱۹ درصد رخ داده است. همچنین بیشترین درصد تغییرات افزایشی روی داده مربوط به طبقه >40 است. کمترین تغییرات کاهش‌ی روی داده نیز مربوط به به طبقه >40 است.

جدول ۹: تغییرات درصد تاج پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲ (درصد)

درصد تاج پوشش گیاهی	تغییرات کاهش‌ی %	بدون تغییرات %	تغییرات افزایشی %
>10	۱۴	۷۹	۷
۱۰-۲۰	۱۹	۷۵	۶
۲۰-۴۰	۱۷	۷۹	۴
>40	۳	۸۴	۱۳

لایه‌های بدست آمده حاصل تفاضل شاخص‌های پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۵ به صورت پیکسلی مورد مقایسه قرار گرفته است، نتایج بیانگر این است که مجموع پیکسل‌هایی که بیانگر درصدهای مختلف تاج پوشش گیاهی است $7/5$ درصد مساحت کل تغییرات افزایشی، $79/25$ درصد بدون تغییر و $13/25$ درصد تغییرات کاهش‌ی پوشش گیاهی را در طی سال‌های ۲۰۰۲ الی ۲۰۱۵ نشان می‌دهد. شکل تغییرات تفاضل پوشش گیاهی را نشان می‌دهد.



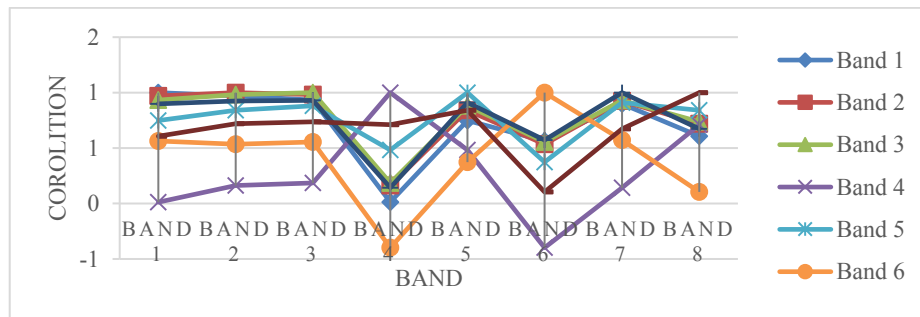
- تغییرات افزایشی $>10\%$
- بدون تغییرات $>10\%$
- تغییرات کاهش‌ی $>10\%$

شکل ۱۰ تصویر تفاضلی درصد تاج پوشش گیاهی

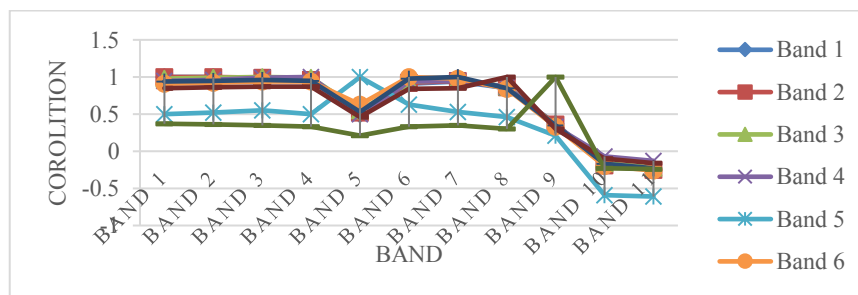
روش تفاضل PCA و CCA

در اشکال (۱۱-۴ و ۱۲-۴) بالاترین همبستگی مربوط به همبستگی بین باندهای ۱ و ۲ و ۳ و ۷ بالاترین میزان همبستگی در تصویر سال ۲۰۰۲ و همچنین همبستگی بین باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۷ در تصویر سال ۲۰۱۵ را نشان

می‌دهد. جهت تهیه اندیس‌های PCA و CCA سنجنده‌های مختلف با توجه به همبستگی بالای باند ۱ با سایر باندهای دارای نام برده، از این باند استفاده شد. جدول (۴-۱) و (۴-۲) میزان همبستگی بین باندهای مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱: همبستگی بین باندهای مختلف سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ در سال ۲۰۰۲



شکل ۱۲: همبستگی بین باندهای مختلف سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ در سال ۲۰۱۵

در این تحقیق ابتدا PCA هر تاریخ جداگانه محاسبه شده است. به طوری که در جدول (۴-۸) درصد واریانس مولفه‌های اول یا دوم حاصل از تحلیل PCA حاصل از سنجنده ETM+ و OLI ارائه شده است. با توجه به این که بیشترین اطلاعات در هر دو سنجنده در دو مولفه اول ذخیره شده است، به همین دلیل مولفه‌های اول و دوم در این تحقیق برای آشکارسازی تغییر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سپس PCA اول و دوم تاریخ دوم به ترتیب از PCA اول و دوم تاریخ اول تفریق شده است. ارزیابی نقشه‌های به دست آمده نشان داده مولفه دوم حاصل از تحلیل PCA با ضریب کاپای ۰/۸۱ نسبت به مولفه اول حاصل از تحلیل PCA با ضریب کاپای ۰/۷۹ تغییرات رخ داده در منطقه مورد مطالعه را بهتر نشان داده است.

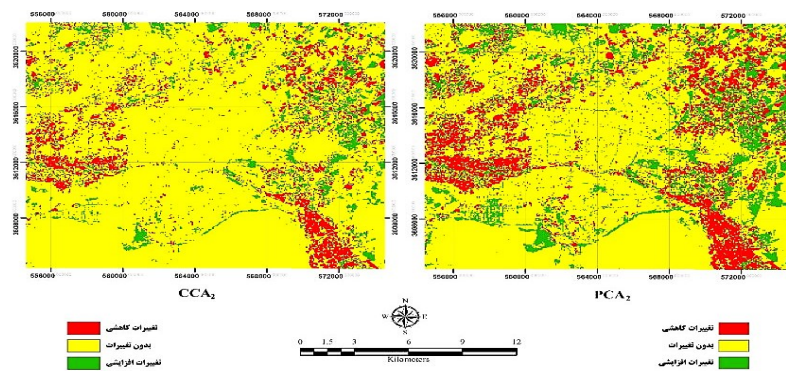
جدول ۱۰ درصد واریانس مولفه‌های مختلف PCA حاصل از سنجنده ETM+ و OLI

PCA 6	PCA 5	PCA4	PCA3	PCA2	PCA1	تصاویر مولفه
۰/۰۰۷	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۴۴	۹۴/۰۶	ETM ⁺ 2002
۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۴۳	۹۶/۱۲	OLI 2015

همبستگی بین لایه‌های ایجاد شده از دو روش PCA و CCA و لایه تاج پوشش گیاهی مستخرج از نتایج شاخص NDVI نشان داد که با توجه به معنی دار بودن همبستگی، فرض صفر در سطح معنی دار ($P \leq 0.001$)

درصد رد می‌شود و در نتیجه بین درصد پوشش گیاهی و روش‌های تفاضل CCA و PCA طی سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ رابطه وجود دارد.

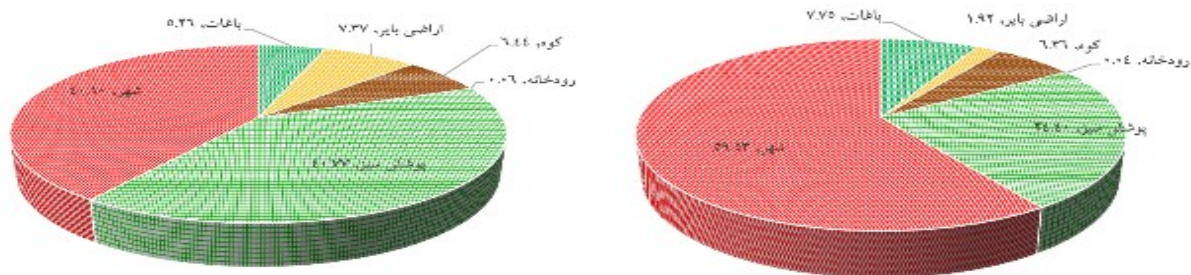
همچنین ارزیابی نقشه‌های به دست آمده نشان داده CCA₂ با ضریب کاپای ۰/۴۱ در مقایسه با CCA₁ با ضریب کاپای ۰/۳۳ تغییرات رخ داده در منطقه مورد مطالعه را بهتر نشان داده است (شکل ۴-۱۳). در ضمن، PCA₂ در تفکیک هم مناطق افزایش و کاهش و CCA₂ فقط در تفکیک مناطقی که بدون تغییر مانده‌اند، به خوبی عمل کرده است. در توضیح تغییرات افزایشی و کاهش مبنای آستانه ۱۰٪ درصد تاج پوشش گیاهی به بالا می‌باشد. به عبارت بهتر در مناطقی که تغییرات درصد تاج پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد و بیش از این مقدار طی سال‌های ۲۰۰۲ الی ۲۰۱۵ روی داده است، این مفاهیم (تغییرات کاهش و افزایش) بیان شده است.



شکل ۱۳: نقشه تفاضل روش CCA₂ (سمت چپ) و نقشه تفاضل روش PCA₂ (سمت راست)

روش مقایسه پس از طبقه‌بندی

برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، کلاس‌های کاربری اراضی در شش طبقه تحت عنوان کلاس باغات، کوه، پوشش سبز، شهر، اراضی بایر و رودخانه تعیین و سپس نمونه‌های آموزشی از سطح منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و بازدید میدانی جمع‌آوری شد. در مرحله بعد با استفاده از ویژگی‌های تصاویر، کلاس‌های کاربری اراضی در محدوده‌ی مورد مطالعه تعیین و پس از مشخص کردن میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها، طبقه‌بندی به صورت نظارت شده و با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال انجام گرفت و نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ تهیه شد (شکل ۴-۱۵). در نهایت با انجام عملیات میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و نمونه‌برداری تصادفی از سطح منطقه مورد مطالعه، پارامترهای آماری دقت تولیدکننده، دقت استفاده‌کننده، ضریب کاپا و دقت کل به شرح جدول (۹-۴) استخراج گردید.



سال ۲۰۰۲

سال ۲۰۱۵

شکل ۱۴ درصد کاربری اراضی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۲

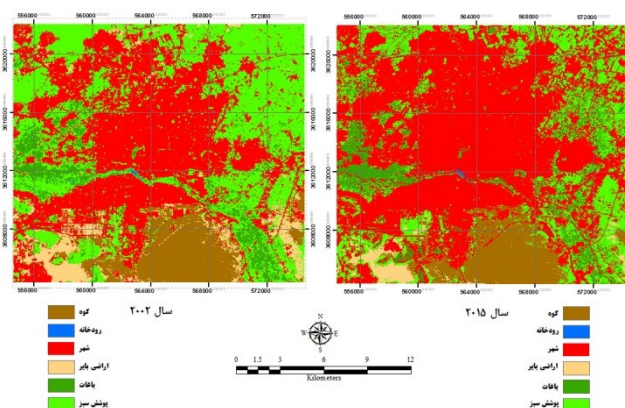
جدول ۱۶: مساحت کاربری‌های مختلف محدوده شهر اصفهان طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۲

تغییرات	مساحت سال ۲۰۱۵	مساحت سال ۲۰۰۲	کاربری	ردیف
۱۰۰۱/۵۹	۳۱۱۵/۰۲	۲۱۱۳/۴۳	باغات	۱
-۲۱۹۲/۴	۷۷۰/۲۵۸	۲۹۶۲/۶۶	اراضی بایر	۲
-۳۰/۹۰	۲۵۵۸/۱۸	۲۵۸۹/۰۹	کوه	۳
-۵/۲۸	۱۷/۳۵	۲۲/۶۳	رودخانه	۴
-۶۵۸۰/۶	۹۸۰۵/۸	۱۶۳۸۶/۶	پوشش سبز	۵
۷۸۰۷/۸	۲۳۹۲۶/۸	۱۶۱۱۹	شهر	۶
	۴۰۱۹۳/۴۱	۴۰۱۹۳/۴۱	کل	۷

بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ نقشه‌های پوشش اراضی از سنجنده‌های ETM^+ و OLI تولید شده و برای آشکارسازی تغییرات استفاده شد. بیشترین تغییرات به وجود آمده در طبقه پوشش سبز به طبقه شهری تغییر داشته و ۳۳ درصد از اراضی پوشش سبز موجودیت خود را به کاربری شهری داده‌اند. در همین دوره حدود ۷۴ درصد از اراضی بایر به مناطق شهری و سایر کاربری‌ها تبدیل شده است که بخش عمده این تغییرات در جنوب شرقی منطقه تمرکز داشته است و با بررسی منابع سال ۲۰۰۲ مشخص گردید که این تبدیل بیشتر در جهت ایجاد مناطق صنعتی بوده نه مسکونی.

پوشش سبز خیابان‌ها و بزرگراه‌ها در سال ۲۰۰۲ در طبقه مناطق شهری طبقه‌بندی می‌شوند در حالی که رشد تاج پوشش درختان در این حوالی منجر شده تا همان پیکسل‌ها در سال ۲۰۱۵ جزء پوشش سبز طبقه‌بندی شود. بخشی از این تغییرات در حومه مناطق شهری روی داده که می‌توان به رها شدن اراضی کشاورزی به منظور تغییر کاربری در آینده و توسعه افقی شهر اشاره کرد، و بخش عمده این اراضی جزء مناطق آیش است که شاید به علت کم بازده بودن آن‌ها و نیز خشکسالی‌های متوالی توسط کشاورزان رها شده و دیگر تحت کشت قرار نمی‌گیرند. طی این دوره

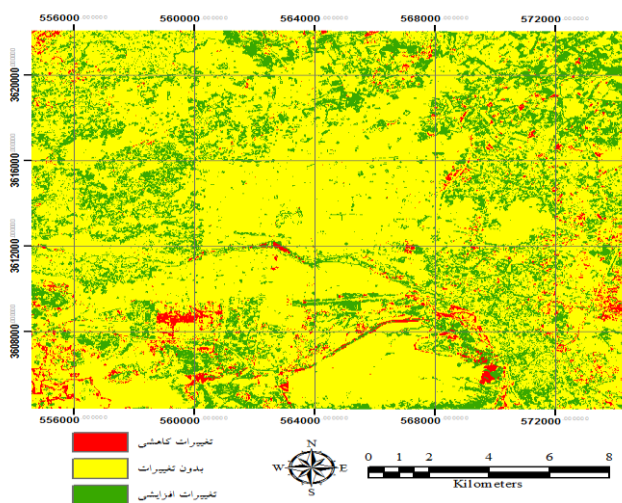
مناطق شهری ۱/۴۸ برابر شده و اراضی که به مناطق شهری تبدیل شده‌اند بیشتر جزء اراضی کشاورزی بوده‌اند، اراضی بایر نقش کمتری در گسترش مناطق شهری در این بازه زمانی داشته‌اند. در طی این ۱۳ سال تقریباً ۷۷ درصد مساحت رودخانه حفظ گشته و این میزان در مقایسه با تغییرات به وجود آمده در مساحت رودخانه نسبت به سال‌های گذشته دارای اهمیت است. قابل ذکر است که با توسعه صنعت نفت و تولید درآمدهای جدید در ایران و نیز گرایش دولت نسبت به حمایت از دیگر صنایع و گردشگری، کشاورزی در اقتصاد ملی نقش حاشیه‌ای پیدا کرده است. در نتیجه مراکز استان‌ها به ویژه تهران و اصفهان با جذب بیشترین سرمایه‌گذاری‌ها، سیل مهاجران را به سوی خود کشاندند و شهرهای کوچک و روستاها را از جمعیت جوان و سرمایه تهی ساختند (ابراهیمزاده، ۱۳۸۳).



شکل ۱۵: کاربری اراضی محدوده شهر اصفهان در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۲

تفاضل نقشه

در این تحقیق هر یک از تصاویر ماهواره‌ای به کلاس‌های کاربری اراضی در شش گروه تحت عنوان کلاس‌های اراضی کوهستانی، شهر، اراضی بایر، باغات، رودخانه، پوشش سبز ارائه شده است.

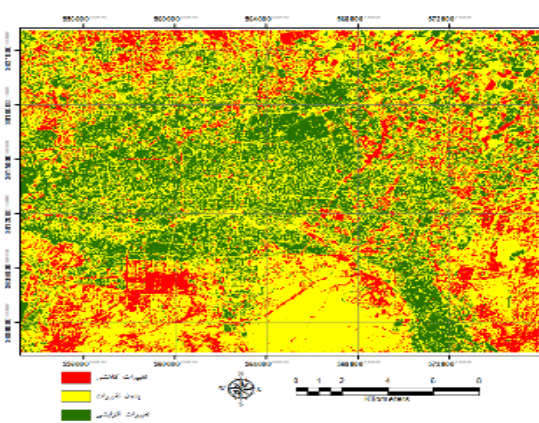


شکل ۱۶: نقشه تفاضل دو نقشه طبقه‌بندی شده سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۲

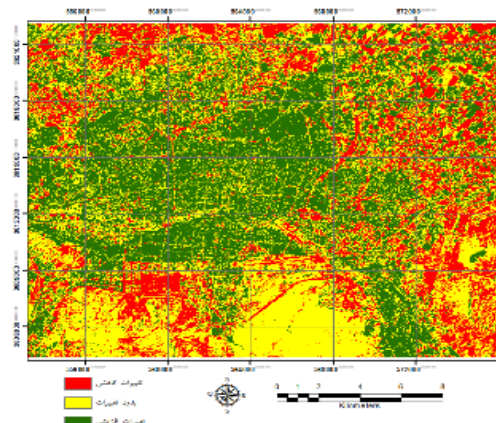
بیشترین تغییرات به وجود آمده در طبقه پوشش سبز ۱۲ درصد به طبقه شهری تغییر پیدا کرده و بیشتر اراضی پوشش سبز موجودیت خود را به کاربری شهری داده‌اند. در روش تفاضل نقشه در همین دوره حدود ۷۴ درصد از اراضی بایر به مناطق شهری و سایر کاربری‌ها تبدیل شده است که بخش عمده این تغییرات در جنوب شرقی منطقه تمرکز داشته است.

تفاضل تصویر

در روش تفاضل تصویر بیشترین تغییرات به وجود آمده در طبقه پوشش سبز ۱۶ درصد به طبقه شهری تغییر پیدا کرده و بیشتر اراضی پوشش سبز موجودیت خود را به کاربری شهری داده‌اند. در این روش حدود ۵۹ درصد از اراضی بایر به مناطق شهری و سایر کاربری‌ها تبدیل شده است که بخش عمده این تغییرات در شرق منطقه تمرکز داشته است.



تفاضل باند مادون قرمز



تفاضل باند قرمز

شکل ۱۷: نقشه تفاضل باندهای سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۲

تجزیه و تحلیل

در مطالعه حاضر، برای بررسی بهتر و نمایش وضعیت کلی، میزان دقت کلی و ضریب کاپا در طبقات کاربری‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. جدول (۱۰-۴)، ضرایب کاپا در روش حداکثر احتمال مشخص شده است.



جدول ۱۷: مقایسه (میانگین سال‌های مختلف) ضریب کاپا در روش حداکثر احتمال

دقت کلی	ضریب کاپا	طبقات کاربری اراضی	کلاس‌های اراضی
۸۳/۲	۷۹/۲	اراضی کوهستانی	کلاس‌های اراضی
۸۷/۷	۸۳/۴	شهر	
۸۵/۵	۸۲/۵	اراضی بایر	
۸۹/۱	۸۶/۱	باغات	
۹۲/۲	۸۷/۲	رودخانه	
۸۶/۹	۸۳/۱	پوشش سبز	

در ادامه با استفاده از تشکیل ماتریس دو نقشه طبقه‌بندی شده یک به یک با هم مقایسه می‌شود. در نتیجه با استفاده از این روش امکان تعیین تغییرات رخ داده در هر کلاس نسبت به کلاس دیگر وجود دارد. برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، با قطع دادن نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی، ماتریس خطا برای طبقات کاربری تشکیل شد و میانگین ماتریس خطای طبقه‌بندی روش حداکثر احتمال برای سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ محاسبه شد (

جدول ۱۸: نتایج آمار پایش تغییرات در کلاس‌های پوشش اراضی طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ (برحسب هکتار)

نام کلاس	کد کلاس					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
شهر	۱۴۷۸۷/۳۰۰	۱۱۰۲/۶۶۰	۰/۴۲۲	۱۳۷/۳۵۱	۱۴/۴۱۳	۷۶/۸۴۳
پوشش سبز	۷۴۱۴/۱۴۰	۷۰۳۲/۴۴۰	۵/۷۵۴	۴۲/۱۹۱	۳۰/۴۲۷	۱۸۶۱/۶۸۰
رودخانه	۱۱/۱۲۰	۰/۶۰۶	۹/۹۱۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
کوه	۲۰۳/۵۴۰	۸۶/۸۶۴	۰/۰۰۰	۲۲۹۳/۳۸	۱/۸۹۲	۳/۴۱۴
اراضی بایر	۵۸۵/۸۰۰	۱۰۱۷/۲۷۰	۰/۰۰۰	۶۳۵/۴۹۲	۷۲۰/۸۶۶	۳/۲۲۹
باغات	۴۱۷/۴۶۴	۵۳۷/۱۶۳	۱/۲۶۵	۰/۰۰۰	۰/۱۳۹	۱۱۵۷/۴۰۰

پس از مشخص شدن میزان تغییرات هر کاربری و تبدیل به کاربری دیگر در طول سال‌های ۲۰۰۲ الی ۲۰۱۵ با در نظر گرفتن میزان دقت کلی و ضریب کاپا اقدام به حذف میزان خطا گردید و سپس نتایج در یک جدول (۱۲-۴) به شرح زیر آورده شده است. به عبارت دیگر این جدول نماینگر مقادیر واقعی تغییرات در طول سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ است.



جدول ۱۹: نتایج آمار پایش تغییرات در کلاس‌های پوشش اراضی پس از حذف مقادیر خطا (برحسب هکتار)

نام کلاس	کد کلاس					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
شهر	۱۲۳۳۲/۶۱	۹۱۶/۳۱	۰/۳۷	۱۰۸/۷۸	۱۱/۸۹	۶۶/۱۶
پوشش سبز	۶۱۸۳/۳۹	۵۸۴۳/۹۶	۵/۰۲	۳۳/۴۲	۲۵/۱۰	۱۶۰۲/۹۱
رودخانه	۹/۲۷	۰/۵۰	۸/۶۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
کوه	۱۶۹/۷۵	۷۲/۱۸	۰/۰۰	۱۸۱۶/۳۶	۱/۵۶	۲/۹۴
اراضی بایر	۴۸۸/۵۶	۸۴۵/۳۵	۰/۰۰	۵۰۳/۳۱	۵۹۴/۷۱	۲/۷۸
باغات	۳۴۸/۱۶	۴۴۶/۳۸	۱/۱۰	۰/۰۰	۰/۱۱	۹۹۶/۵۲

در ادامه مباحث به منظور پی بردن به این موضوع که چه مقدار از کاربری‌ها تغییر نیافته‌اند در حالی که در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای این مقادیر به صورت تغییرات شناخته شده بود، جدول (۱۳-۴) تشکیل شده است. در این جدول مقادیر بر حسب هکتار عنوان شده است.

جدول ۲۰: نتایج آمار پایش تغییرات در کلاس‌های پوشش اراضی طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ (برحسب هکتار)

نام کلاس	کد کلاس					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
شهر	۲۴۵۴/۶۹۱۸	۱۸۶/۳۴۹۵	۰/۰۵۴۰	۲۸/۵۶۹۰	۲/۵۲۲۳	۱۰/۶۸۱۲
پوشش سبز	۱۲۳۰/۷۴۷۲	۱۱۸۸/۴۸۲۴	۰/۷۳۶۵	۸/۷۷۵۷	۵/۳۲۴۸	۲۵۸/۷۷۳۵
رودخانه	۱/۸۴۵۹	۰/۱۰۲۵	۱/۲۶۸۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۱
کوه	۳۳/۷۸۷۶	۱۴/۶۸۰۰	۰/۰۰۰۰	۴۷۷/۰۲۳۰	۰/۳۳۱۰	۰/۴۷۴۶
اراضی بایر	۹۷/۲۴۲۸	۱۷۱/۹۱۸۶	۰/۰۰۰۰	۱۳۲/۱۸۲۳	۱۲۶/۱۵۱۶	۰/۴۴۸۹
باغات	۶۹/۲۹۹۰	۹۰/۷۸۰۵	۰/۱۶۱۹	۰/۰۰۰۰	۰/۰۲۴۲	۱۶۰/۸۷۸۶

به کارگیری روش‌های تفاضل نقشه و تفاضل تصویر به عنوان تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی مفید می‌باشد. با این وجود روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات ویژگی‌های خود را داشته و هیچ روشی به تنهایی مناسب و قابل استفاده برای تمام موارد نمی‌باشد. انتخاب یک روش مناسب آشکارسازی تغییرات به دانش تحلیلگر در زمینه روش‌های آشکارسازی تغییرات 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 آشکارسازی تغییرات برای فراهم کردن بهترین نتیجه بر اساس ارزیابی درستی یا ارزیابی کیفی مقایسه و آزمایش می‌شود. سپس به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های تفاضل تصویر و تفاضل نقشه بر اساس نقاط



کنترل میدانی و همچنین نتایج حاصل از تصاویر ماهواره‌ای گوگل دقت کل و ضریب کاپا برآورد گردید که نتایج آن در جدول ۲۱ ارائه شده است.

جدول ۲۱: ارزیابی دقت تکنیک‌های پایش تغییر در محدوده مطالعه شهر اصفهان

ردیف	روش	دقت کل	ضریب کاپا
۱	تفاضل تصویر	۷۸/۲	۸۲/۱
۲	تفاضل نقشه	۸۱/۴	۸۶/۴

نتیجه گیری

عوامل اصلی جهت اجرای موفقیت‌آمیز آشکارسازی تغییرات انتخاب تاریخ‌های مناسب کسب تصویر و استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات دقیق می‌باشد. شناسایی یک روش آشکارسازی تغییرات مناسب برای منطقه مورد مطالعه جهت تولید نتایج خوب آشکارسازی تغییرات مهم است. در این مطالعه پس از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتریکی، تکنیک‌های مختلف آشکارسازی تغییر به کار گرفته شد. در نهایت دقت تکنیک‌های مختلف آشکارسازی تغییر ارزیابی شده است. ارزیابی دقت تکنیک‌های پایش تغییر آشکارسازی در محدوده شهر اصفهان نشان داد که تفاضل تصویر با دقت کلی ۷۸/۲ و ضریب کاپای ۸۲/۱ درصد نسبت به تفاضل نقشه با دقت کل ۸۱/۴ و ضریب کاپای ۸۶/۴ درصد از دقت کمتری برخوردار است.

در این مطالعه، ابتدا CCA و PCA هر تاریخ جداگانه محاسبه شده است. با توجه به اینکه بیشترین اطلاعات در هر دو سنجنده در دو مؤلفه اول ذخیره شده است، به همین دلیل مؤلفه‌های اول و دوم در این مطالعه، برای پایش تغییر مورد استفاده قرار گرفتند. ارزیابی نقشه‌های به دست آمده نشان داد که CCA₂ و PCA₂ به ترتیب با ضریب کاپای ۰/۸۱ و ۰/۴۱ در مقایسه با CCA₁ و PCA₁ با ضریب کاپای ۰/۷۹ و ۰/۳۳ تغییرات رخ داده در منطقه مورد مطالعه را بهتر نشان داده است. در ضمن، PCA₂ در تفکیک هم مناطق افزایش و کاهش و CCA₂ فقط در تفکیک مناطقی که بدون تغییر مانده‌اند، به خوبی عمل کرده است. همچنین نتایج تغییرات درصد تاج پوشش گیاهی نشان داد که کلاس‌های با درصد تاج پوشش بین ۲۰-۱۰ درصد سطح بیشتری را در سال ۲۰۰۲ نسبت به سال ۲۰۱۵ به خود اختصاص داده‌اند (از ۲۶/۴۲ در سال ۲۰۰۲ به ۲۱/۹۸ درصد در سال ۲۰۱۵). در مقابل، از مساحت کلاس‌های با درصد تاج پوشش زیاد یعنی بالاتر از ۴۰٪ در خلال این مدت افزایش پیدا کرده است و از مجموع ۵/۹۵ درصد در سال ۲۰۰۲ به ۷/۶۷ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است.



منابع

۱. ابراهیم‌زاده ن ۱۳۹۵ تحلیل بر شهرنشینی و جایگاه شهرهای جدید در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۴، صص ۱۷۲-۱۵۲.
۲. حجازی س. ۱۳۹۹. تحلیل روند تغییرات کاربری زمین در حاشیه‌ی شهر (محدوده‌ی مطالعاتی حاشیه جنوب غرب تهران). پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد. دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.
۳. رضایی مقدم م، رضایی بنفشه ب، فیضی‌زاده ب، نظم‌فر ح. ۱۳۹۰. طبقه‌بندی پوشش اراضی/ کاربری اراضی بر اساس تکنیک شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی. پژوهش‌های آبخیزداری ۲۳: صص ۳۲-۱۹.
۴. صادقی ش. ۱۳۹۷. بررسی پوشش گیاهی منطقه کلهرود با استفاده از داده‌های سنجنده ASTER. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. ص ۱۵۲.
۵. فرزاد مهرج، ارزانی ح، درویش صفت ع، جعفری م. ۱۳۹۴. بررسی قابلیت داده‌های ماهواره لندست ۷ در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۲. صص ۱۵-۱.
۶. گرامی و. ۱۳۹۰. تغییرات کاربری اراضی منطقه گتوند عقیلی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ با استفاده از تصاویر ETM و ALI به کمک سنجنش از دور و GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۹۸.
۷. لطیفی هـ ساروئی ج. جلیلود ح. ۱۴۰۰. ارزیابی قابلیت ماهواره ETM+ جهت تهیه نقشه طبقات پوششی اراضی جنگلی، درختچه‌ای و مرتع مطالعه موردی: حوضه نکا ظالم رود مازندران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی سال ۱۱، صص ۴۴۷ - ۴۳۹.
8. Asrar, G., Fuchs, M., Kanemasu, E. T., and Hatfield, J. L., 1984: «Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area in wheat from spectral reflectance in wheat», *Agron.* 76:300-306.
9. Bannari A, Morin D, Bonn F., Huete A.R., 1995: «A review of vegetation indices». *Remote sensing reviews*, 13: 95-120.
10. Candau J. 2002. Temporal calibration sensitivity of the SLEUTH Urban Growth Model. MSc. Thesis, Geography, University of California at Santa Barbara, 129 pp.
11. Chamard, P., Courel, M.F., Docouso, M., Guenegou, M.C., Le Rhun, j., Levasseur, J.E., Losel, C., Togola, M., 1991: «Using spectral bands of green and red for a better evaluation of active plant formations». *Remote Sensing and Cartography*, Ed AUPELF-UREF, 203-209.
12. Chapin, F.S and others 1995: "Urban Land Use Chang". Urbana university of Illinois. Urban Champing press.



13. Dash, J., & Curran, P. J. 2004. The MERIS terrestrial chlorophyll index. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 5403–5413.
14. Dellepiane, S.G., Smith, P.C., 1999: «Quality assessment of image classification algorithms for land cover mapping: A review and a proposal for a cost based approach». *International Journal of Remote Sensing*, 20: 1461- 1486
15. Washington, DC: NASA. Afify, H.A. 2011. Evaluation of change detection techniques for monitoring landcover changes: A case study in new Burg El-Arab area, *Alexandria Engineering Journal*, 50: 157-195.



Evaluating the urban development of Isfahan and its role in the process of vegetation changes in the urban environment

Abstract

At areas Urban development, urban space cause Change User Land Agriculture To Residential Commercial And industrial By Is. this Trend Outcomes Bad On The life City Such as increased air pollution, decrease Coverage PLANT And increase At Environment Respectively. so Check changes Urban green space To intended purpose Management Appropriate At areas City necessary To Opinion Reaches. Sensing From far way Can At one Time short Information are you OK And At Case Changes User Land Prepared Makes. Also Can To evaluate Changes Past User Land And To intended purpose management Change That At the future To Occurrence Will Appendix, Case Use Indeed Be. At this research evaluation 4 Vegetation Index PLANT Mining land use within the city In 2002 and 2015 has been discussed. research Present data Satellite Landsat 7 ETM⁺ ETM At 2002 data Sensor OLI Satellite Landsat 8 Year 2015 164 transition and row number 37 In the range of 51 degrees and 34 minutes and 2 seconds east longitude and 32 degrees north latitude to 51 degrees 34 minutes and 31 seconds and 48 minutes and 36 seconds east longitude and 32 degrees north latitude and 44 minutes and 2 seconds was used. In this study, after geometric correction, atmospheric and radiometric data processing techniques to detect changes in vegetation and it was done. The best approach for each of the periods studied, based on the analysis of the relationship between the number of indicators, remote sensing, and data Barzsay vegetation was removed by GPS. NDVI Index performance results for 2002 and 2015 data confirmed. The results of the index NDVI, SAVI, ARVI And NDGI values of 80.60, 78.10, 76.50 and 76.23 In 2002 had the highest overall accuracy. The results of various indicators in 2015, the NDVI, SAVI, NDGI And A RVI values of 84.70, 80.81, 78.15 and 77.75 had the highest overall accuracy. NDVI indices due to lower MAE and MBE ($1/02 = MBE$ and $8/11 = MAE$) in 2002 ($0/91 = MBE$ and $6/18 = MAE$) in 2015 with the lowest error and deviation is a relative measure. Results showed that changes in canopy cover between 20-10 percent canopy cover classes with more levels in 2002 compared to 2015, respectively (from 26.42 in 2002 to 21.98 percent in 2015). In contrast, the area classes with high canopy cover of more than 40% during this period has increased from a total of 5.95 per cent in 2002 to 7.67 per cent reached in 2015. At This The research, Analytical methods Components Conventional (CCA) and Decomposition Components Home (PCA) each Date Separate For Monitoring Change Use The Respectively. Assessment Results To Hand Show The higher accuracy CCA₂ And the 2015 PCA₂ of the CCA₁ And that the 2002 PCA₁ is higher. The assessment Accuracy Techniques Detection monitoring changes in Isfahan City Limits show The That Difference Image With Accuracy Overall 78.2 and kappa 82.1 percent from the difference map Accuracy Overall 81.4 and kappa 86.4 percent From Is less accurate. Satellite images studied by the method of maximum likelihood supervised classification results cover 33 percent reduction in floor area Green Urban floor show.

Keywords: remote sensing, Landsat, vegetation, image classification, Isfahan.