

فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ۱۰، شماره پیاپی ۳۶، بهار ۱۳۹۸

شاپا چاپی: ۵۲۲۹-۲۲۲۸ - شاپا الکترونیکی: ۳۸۴۵-۲۴۷۶

<http://jupm.miau.ac.ir>

## بررسی کارایی روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی شهری با استفاده از بهینه‌سازی مقیاس در پردازش شیء‌گرا (مورد: شهر اردبیل)

حسین نظم‌فر: دانشیار گروه برنامه‌ریزی شهری و روستایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

جعفر جعفرزاده: مربی گروه برنامه‌ریزی شهری و روستایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۲۰

صص ۱۱۷-۱۲۸

دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۴

### چکیده

یکی از راه‌های تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و فرآیند طبقه‌بندی تصاویر است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی، شناخت و ارزیابی پدیده‌های مختلف و استخراج اطلاعات لازم برای برنامه‌ریزی منابع زمینی یا سایر مقاصد به سهولت انجام می‌گیرد. هدف پژوهش مقایسه میزان کارایی هفت روش رایج طبقه‌بندی نظارت‌شده داده‌های ماهواره‌ای در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده *TM* و *OLI* ماهواره لندست و *IRS* و اسپات-۵ و کوئیک برد و ترکیب‌های رنگی متفاوتی از این تصاویر جهت استخراج کاربری‌های اراضی زراعی، مناطق مسکونی و مناطق آبی با استفاده از پردازش شیء‌گرا می‌باشد. ابتدا نمونه‌های آموزشی در پنج کلاس کاربری به وسیله نرم‌افزار ایکاگنیشن با استفاده از بهینه‌سازی مقیاس سگمنت‌سازی با استفاده از ترکیب‌های رنگی متفاوت و ضرایب شکل و فشردگی استخراج شد. مقیاس مناسب جهت سگمنت‌سازی برای اراضی زراعی، مقیاس ۵۰، برای عوارض انسانی ۸ و در نهایت برای مناطق آبی ۱۰ به دست آمد. سپس هر تصویر به طور جداگانه با استفاده از هفت روش طبقه‌بندی (مانند روش شبکه عصبی) و نمونه‌های مستخرج، طبقه‌بندی شده و میزان کارایی هر روش با محاسبه دو شاخص صحت کلی و ضریب کاپا بررسی گردید. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده میزان دقت هر یک از روش‌های طبقه‌بندی بوده که شبکه عصبی با دقت کلی ۹۴/۴۷۵ و ضریب کاپای ۹۲/۰۹۵ به عنوان دقیق‌ترین روش طبقه‌بندی انتخاب شد. این نتایج نشان می‌دهد که برداشت نمونه‌های تعلیمی با دقت مناسب از طبقات موجود در تصاویر و همچنین بررسی میزان احتمال تعلق هر یک از پیکسل‌های تصاویر ماهواره‌ای به این طبقات، به خوبی می‌تواند در طبقه‌بندی گروه‌های موجود در منطقه مفید واقع شود.

**واژه‌های کلیدی:** کاربری اراضی، طبقه‌بندی، تصاویر ماهواره‌ای، ارزیابی تغییرات، پردازش شیء‌گرا.

## مقدمه

آنالیز شیء گرای تصاویر ماهواره‌ای، یک تکنیک کاربردی در پردازش تصاویر دیجیتال می‌باشد که اخیراً در مقابل آنالیز پیکسل پایه توسعه داده شده است (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۹۷: ۲). از آنجا که هدف اصلی از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تهیه نقشه‌های موضوعی و کارآمد می‌باشد، انتخاب روش صحیح طبقه‌بندی نقش به سزایی در این امر ایفا می‌کند. با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر عضویت یک پیکسل به یک کلاس تعیین می‌شود. استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای به وسیله طبقه‌بندی از پرکاربردترین روش‌های موجود است (میرزایی زاده، ۱۳۹۴: ۳۱). یکی از راه‌های تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و فرآیند طبقه‌بندی تصاویر است (عزیزی قلاتی، ۱۳۹۵: ۶۱). آنالیز شیء گرای تصاویر ماهواره‌ای، یک تکنیک کاربردی در پردازش تصاویر دیجیتال می‌باشد که اخیراً در مقابل آنالیز پیکسل پایه توسعه داده شده است (Blaschke and Burnett, 2003: 3). در پردازش پیکسل پایه تصاویر، اطلاعات تک‌پیکسل، معیار و مبنا قرار می‌گیرد. این در صورتی است که در پردازش شیء‌گرا، ارزش‌ها و اطلاعات یک مجموعه پیکسل مشابه، که به آن شیء یا پدیده گفته می‌شود، اساس پردازش قرار داده می‌شود (Clemens Eisank and Drăguț, 2012: 5). تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که سگمنت‌سازی بر پایه آنالیز پیکسل پایه دارای محدودیت‌های وضوح می‌باشد (Meinel et al, 2001: 4). تصاویر دوره‌ای ماهواره لندست یکی از مهمترین منابع داده‌ای برای مطالعه انواع مختلف تغییر کاربری و پوشش اراضی، از قبیل جنگل‌زدایی، افزایش و گسترش کشاورزی، رشد شهری و کاهش زمین‌های مرطوب است (Seto et al, 2002: 7; Verburg et al, 2004: 6). در گذشته چندین نوع از این روش‌ها مورد استفاده محققین قرار گرفته و مقایسه شده‌اند که به برخی از آنها اشاره می‌شود. هدف پژوهش مقایسه میزان کارایی هفت روش رایج طبقه‌بندی نظارت‌شده داده‌های ماهواره‌ای در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده *TM* و *OLI* ماهواره لندست و *IRS* و اسپات-۵ و کوئیک برد و ترکیب‌های رنگی متفاوتی از این تصاویر جهت استخراج کاربری‌های اراضی زراعی، مناطق مسکونی و مناطق آبی با استفاده از پردازش شیء‌گرا می‌باشد.

## پیشینه و مبانی نظری تحقیق:

سینگ و گاپتا (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی امکان افزایش دقت روش‌های طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از تکنیک‌های ترکیب تصاویر پرداختند. ایشان در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش‌های براوی و تحلیل مولفه‌های اصلی می‌تواند نتایج قابل توجهی در بهبود دقت روش‌های طبقه‌بندی داشته باشد. توپال اوغلو و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان بررسی دقت طبقه‌بندی *SENTINEL-2* و لندست ۸ داده‌ها را برای پوشش زمین / برای استفاده در نقشه، به بررسی دقت روش‌های مختلف طبقه‌بندی برای استخراج کاربری پوشش زمین پرداختند که نتیجه کار ایشان نشان می‌دهد که روش‌های حداکثر احتمال و روش *SVM* نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌های طبقه‌بندی ایجاد کرده است. تینگ و یانگ (۲۰۱۵) در پژوهش خود به بررسی تغییرات کاربری اراضی شهری و توسعه شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که ترکیب روش‌های سنجنش‌ازدوری و سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند نمایش بهتری از تغییرات اراضی شهری را ارائه دهد. اوتیوکی و بلاشکه (۲۰۱۰)، به ارزیابی تغییرات پوشش زمین با استفاده از سه مدل (*MLC*) (*SVM*) و (*DTS*) پرداختند. مقایسه نتایج نشان داد هر سه مدل دقت قابل قبولی داشته و به ترتیب هر مدل دارای ۹۳٪، ۹۳/۶۷٪ و ۹۴٪ مقدار دقت برای ارزیابی تغییرات پوشش زمین بوده است. در پژوهش دیگری ساتیر و همکاران (۲۰۱۲) با عنوان «تعیین نواحی سوخته از یک منظر تک زمانه براساس طبقه‌بندی تصویر ماهواره *TM* با استفاده از ماشین‌های بردار پشتیبان» به ترسیم نقشه‌های نواحی سوخته پرداختند. نتایج حاصل از کاربرد *SVM* حاکی از صحت کلی معادل ۹۵/۸٪ و ضریب کاپای ۰/۹۴۸ بوده است. مکرونی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به آشکارسازی روند تغییرات کاربری اراضی تالاب هورالعظیم با استفاده از تکنیک سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند و به طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه پرداخته و سپس مقایسات پس از طبقه‌بندی را اجرا کردند. نتایج کار ایشان به اهمیت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در پایش تغییرات اشاره دارد.

غفاری و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای به ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی پرداختند. ایشان در مقاله حاضر، با استفاده از تکنیک *AHP* و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط فازی، مدلی برای ارزیابی سازگاری کاربری‌های شهری با در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر بر آن ارائه کردند. در این مقاله، مراحل مختلف مدل پیشنهادی تشریح و توصیف شد. با توجه به پژوهش‌های انجام شده مشخص می‌شود که هر کدام از این پژوهش‌ها فقط از یک روش برای طبقه‌بندی استفاده کرده‌اند اما هدف این پژوهش مقایسه دقت هفت نوع طبقه‌بندی پیشرفته (روش الگوریتم‌های حداکثر مشابهت، روش الگوریتم جعبه‌ای، روش کوتاه‌ترین فاصله، روش *SAM*، روش *SID*، روش ماهالانوبی و همچنین روش شبکه عصبی) در تشخیص و ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده *TM* و *OLI* ماهواره لندست می‌باشد. پس علاوه بر اینکه هدف تعیین دقت کلی این هفت روش و نیز استخراج نمونه‌های مناسب با استفاده از پردازش شی‌گراست می‌خواهیم دقت در هر کاربری نیز مشخص شود که هر طبقه‌بندی در کاربری مشخصی چه دقتی داشته و کدام یک بهتر عمل می‌کنند.

### روش تحقیق:

در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ مربوط به سال ۲۰۰۰ و لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۵، از گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۳ و گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۴ مربوط به استان اردبیل استفاده شده است. تصاویر مربوط به ماهواره لندست ۷ از سنجنده *ETM* بوده که ابتدا تصاویر مورد نظر تحت نرم‌افزار *ENVI* مورد پیش پردازش قرار گرفت. بدین صورت که ابتدا تصاویر در نرم‌افزار بصورت یک مجموعه بانندی با باندهای ۱ تا ۵ و باند ۷ مربوط به لندست ۷ و باندهای ۱ تا ۷ و ۹ مربوط به لندست ۸ دسته‌بندی شدند. سپس هر دو تصویر مربوط به ۳۳ و ۳۴ با هم موزاییک شدند تا تصویر منطقه مورد نظر را تحت پوشش قرار دهند. شکل شماره ۱ مراحل انجام تحقیق را به صورت گرافیک نشان می‌دهد.

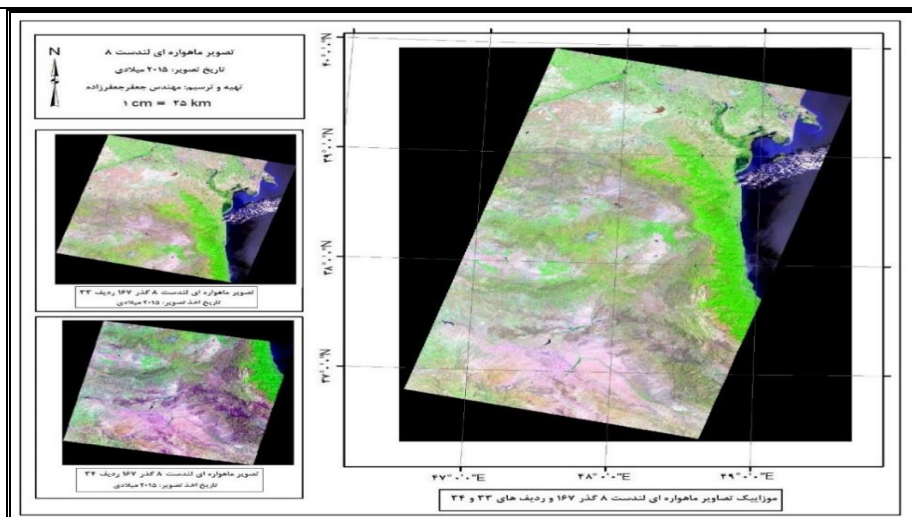
### محدوده مورد مطالعه:

شهرستان اردبیل یکی از کلان شهرهای ایران و مرکز استان اردبیل در شمال غربی کشور است. وسعت این شهرستان ۳۸۱۰ کیلومتر مربع است. اردبیل در ۲۱۹ کیلومتری تبریز و ۵۷۸ کیلومتری تهران واقع شده است. شهر اردبیل در میان دشتی با همین نام در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا و در شمال غرب فلات ایران جای گرفته و دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. براساس گزارش ایستگاه هواشناسی اردبیل که در ارتفاع ۱۳۷۲ متری واقع شده، بارندگی این شهر در سال ۱۳۷۲ برابر ۳۲۷/۷ میلی‌متر گزارش شده است (سالنامه آماری، ۱۳۹۵: ۲۴). شکل شماره ۲ و شکل شماره ۳ به ترتیب موزاییک تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و لندست ۸ مربوط به منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. پس از موزاییک کردن تصاویر، تصویر منطقه مورد مطالعه استخراج شد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۵ سنجنده *HDR* ماهواره *SPOT5* در چهار باند با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر، تصویر تک بانندی ماهواره *IRS* با قدرت تفکیک مکانی ۵/۸ متر، تصاویر سه باند مرئی ماهواره *QuickBird* با قدرت تفکیک مکانی ۲/۴۴ متر استفاده شده است. ابتدا برای هر یک از تصاویر به طور مجزا اقدام به سگمنت‌سازی در مقیاس‌های متفاوتی شده و نتایج با یکدیگر مقایسه شد. تمامی تصاویر مورد نظر برای انجام سگمنت‌سازی در محیط نرم افزار *eCognition* با ایجاد یک پروژه فراخوانی شده سپس اوزان و ترکیب رنگی مناسب برای سگمنت‌سازی و هم چنین مقیاس مناسب سگمنت‌سازی ایجاد شد. در این پژوهش، سگمنت‌سازی با استفاده از روش *multiresolution segmentation* انجام شده است. روش سگمنت‌سازی با تفکیک مکانی چندگانه، ناهمگنی متوسط اشیای تصویر را به صورت محلی به حداقل می‌رساند. این روش را می‌توان در سطح اشیای تصویری یا سطح پیکسل برای ایجاد اشیای تصویر جدید به کار گرفت. بنابراین روش موجود یک الگوریتم سگمنت‌سازی از پایین به بالا به لحاظ ارزش عددی تعداد پیکسل‌ها، بر اساس یک تکنیک محلی، اقدام به ادغام دو به دو پیکسل‌های مشابه می‌کند. سگمنت‌سازی با تفکیک مکانی چندگانه یک روش بهینه‌سازی است که ناهمگنی متوسط پیکسل‌ها را به حداقل و همگنی مربوطه را به حداکثر می‌رساند. جدول شماره ۱ ترکیب رنگی و ضرایب موجود برای لایه‌ها را نشان می‌دهد.

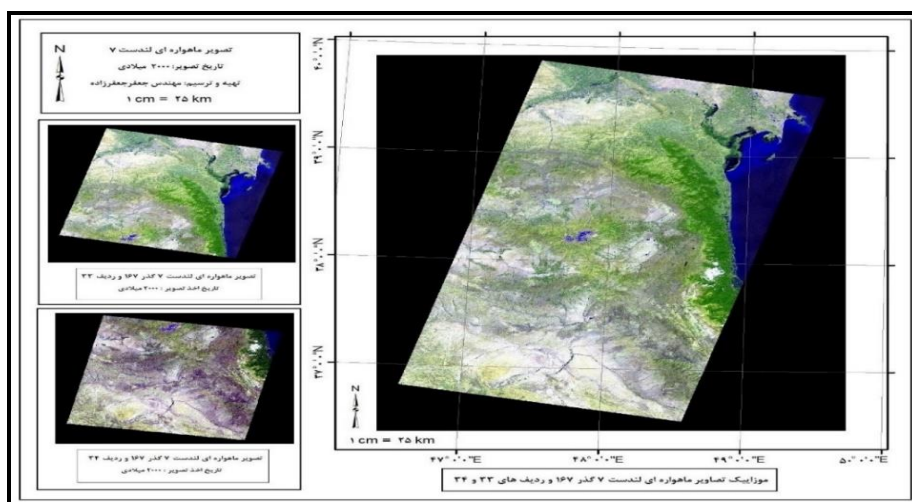
جدول ۱- ترکیب رنگی و ضرایب موجود

| باند موضوع   | QBI        | QB2 | QB3 | IRS | SP_G | SP_R | SP_NIR | SP_PAN | NDVI_SP |
|--------------|------------|-----|-----|-----|------|------|--------|--------|---------|
| اراضی زراعی  | لایه موجود | *   | *   | *   | -    | -    | *      | -      | -       |
|              | وزن        | ۷   | ۷   | ۷   | ۳    | ۱    | ۲      | ۱      | ۲       |
|              | ترکیب رنگی | R   | G   | B   | B    | B    | B      | R      | -       |
| عوارض انسانی | لایه موجود | *   | *   | *   | *    | -    | *      | -      | -       |
|              | وزن        | ۵   | ۵   | ۵   | ۲    | ۱    | ۲      | ۱      | ۱       |
|              | ترکیب رنگی | R   | G   | B   | B    | -    | R      | -      | -       |
| مناطق آب     | لایه موجود | *   | *   | *   | *    | *    | *      | -      | *       |
|              | وزن        | ۳   | ۳   | ۳   | ۲    | ۲    | ۲      | ۱      | ۲       |
|              | ترکیب رنگی | R   | G   | B   | B    | B    | B      | R      | -       |

توضیحات: NIR=Near Infra-Red G=GREEN B=Blue R=RED SP=SPOT QB=Quick Bird  
 NDVISP=NDVI for SPOT sat PAN=Panchromatic

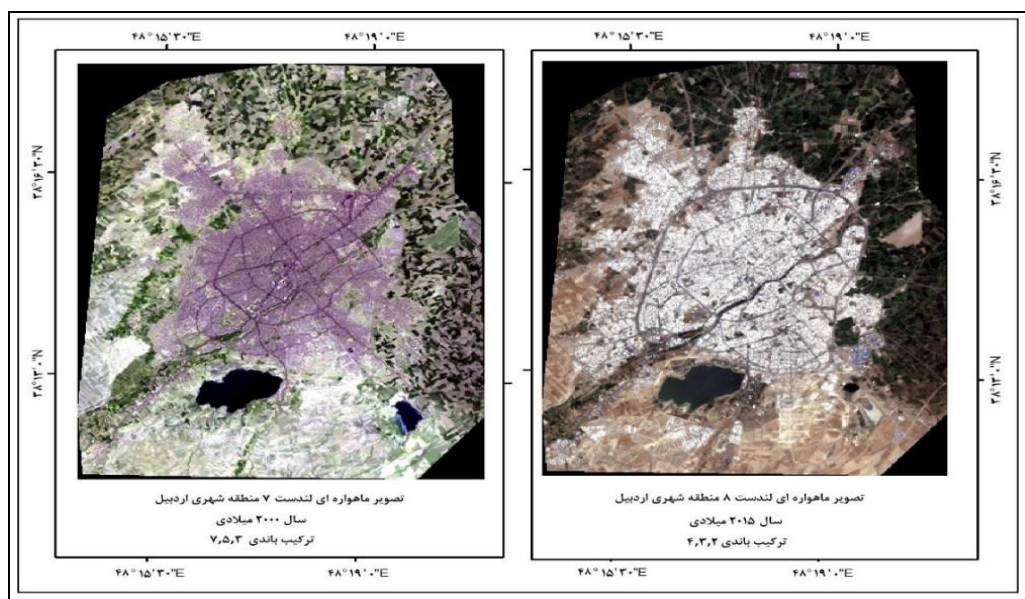


شکل ۲- تصاویر ماهواره لندست ۷ گذر ۱۶۷ ردیف ۳۳ و ۳۴ با موزائیک دو تصویر از ۲۰۰۰



شکل ۳- تصاویر ماهواره لندست ۷ گذر ۱۶۷ ردیف ۳۳ و ۳۴ با موزائیک دو تصویر از ۲۰۱۵

در نهایت پس از ایجاد تصویر ماهواره ای اقدام به برداشت نقاط تعلیمی شد. نقاط تعلیمی به صورت چندضلعی هایی از منطقه مورد مطالعه در پنج کلاس: ۱-مناطق سکونتگاهی، ۲-زمین های زراعی و درختان، ۳-مناطق آب بند، ۴-مناطق بکر و بدون پوشش گیاهی و ۵-سکونتگاه و جاده می باشد که برای هر کدام از این کلاس ها تعدادی نقاط تعلیمی با توجه به فرمول برداشت نقاط که  $n(n-1)$  که در اینجا  $n$  تعداد کلاسها می باشد، تعداد بیش از ۲۰ نقطه (در اینجا منظور از نقطه همان چندضلعی می باشد) برداشت شد. پس از برداشت مناطق نمونه، اقدام به انجام روش های مختلف طبقه بندی نظارت شده گردید. شکل شماره ۴ تصویر ماهواره ای لندست ۷ و ۸ مربوط به منطقه سکونتگاهی اردبیل را نشان می دهد.



شکل ۴- تصویر ماهواره ای لندست ۷ و ۸ منطقه مسکونی اردبیل

در این پژوهش با استفاده از الگوریتم های حداکثر مشابهت، الگوریتم جعبه ای، روش کوتاه ترین فاصله، روش  $SAM$  روش  $SID$  روش ماهالانوبی و همچنین روش های پیشرفته طبقه بندی از جمله روش شبکه عصبی اقدام به طبقه بندی تصاویر منطقه مورد مطالعه بر اساس کلاس های مورد نظر شد. ارزیابی نتایج طبقه بندی یکی از مراحل مهم پس از طبقه بندی است. ارائه نتایج طبقه بندی بدون هیچ گونه پارامتری که کیفیت یا صحت این نتایج را بیان کند، از ارزش آنها می کاهد و در بعضی مواقع آن ها را بدون استفاده می کند. بنابراین این نکته را باید در نظر داشت که همیشه در کنار انجام طبقه بندی، نتایج آن نیز ارزیابی شده و به کاربر عرضه گردند. ارزیابی خطا و برآورد صحت طبقه بندی معمولاً بر اساس پارامترهای آماری است که از ماتریس خطا استخراج می شوند. ماتریس خطا که ماتریس ابهام نیز نامیده می شود حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل، پیکسل های معلوم (در واقعیت زمینی) با پیکسل های متناظر در نتایج طبقه بندی است. دو پارامتر اصلی که برای ارزیابی صحت طبقه بندی استفاده می شوند صحت کلی و ضریب کاپا می باشند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۳: ۹۱). (John R. Jensen, 2015:384).

#### بحث و ارائه یافته های پژوهش:

در این پژوهش با استفاده از ترکیب های رنگی متفاوت و ضرایب شکل و فشردگی، مقیاس مناسب جهت سگمنت سازی برای اراضی زراعی، مقیاس ۵۰ با ضریب شکل و فشردگی به ترتیب ۰/۱ و ۰/۸ و برای عوارض انسانی مقیاس ۸ با ضریب شکل ۰/۷ و فشردگی ۰/۳ و در نهایت برای اراضی باغی مقیاس ۱۰ و ضریب شکل ۰/۲ و ضریب فشردگی ۰/۸ به عنوان مقیاس ها و ضرایب مناسب به دست آمده است (جدول شماره ۲ و شکل های شماره ۶ تا ۱۱).

جدول ۲- پارامتر مقیاس و ضرایب شکل و فشردگی

| تعداد قطعه‌ها | لایه‌های مورد استفاده                | Compactness | Shape | مقیاس |                          |
|---------------|--------------------------------------|-------------|-------|-------|--------------------------|
| ۶۷۶           | <i>IRS-Snir-QB1-QB2-Q3</i>           | ۰٫۸         | ۰٫۱   | ۵۰    | اراضی زراعی              |
| ۱۶۵۲          | <i>IRS-Snir-QB1-QB2-Q3</i>           | ۰٫۳         | ۰٫۷   | ۸     | عوارض انسانی<br>(مسکونی) |
| ۱۲۵۷          | <i>IRS-Snir-Sg-NDVISP-QB1-QB2-Q3</i> | ۰٫۸         | ۰٫۲   | ۱۰    | اراضی باغی               |

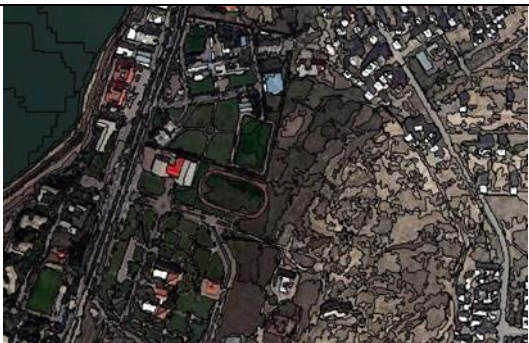
پس از اخذ نقاط نمونه‌ای از تصاویر ماهواره‌ای (اشکال ۶ تا ۱۱)، روش‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده بر روی هر دو تصویر سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ میلادی اجرا شد که نتایج اجرای این روشها در ادامه آمده است.



شکل ۶- تصویر سگمنت سازی شده شکل ۶ برای اراضی زراعی

شکل ۵- تلفیق تصاویر *IRS-Snir-QB1-QB2-Q3*

شکل ۸- تصویر سگمنت‌سازی شده شکل ۸ برای عوارض انسانی

شکل ۷- تلفیق تصاویر *IRS-Snir-QB1-QB2-Q3*

شکل ۱۰- تصویر سگمنت سازی شده شکل ۱۰ برای مناطق آب

شکل ۹- تلفیق تصاویر *IRS-Snir-Sg-NDVISP-QB1-QB2-Q3*

جدول ۳- دقت و ضریب کاپا برای روش های طبقه بندی بین سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵

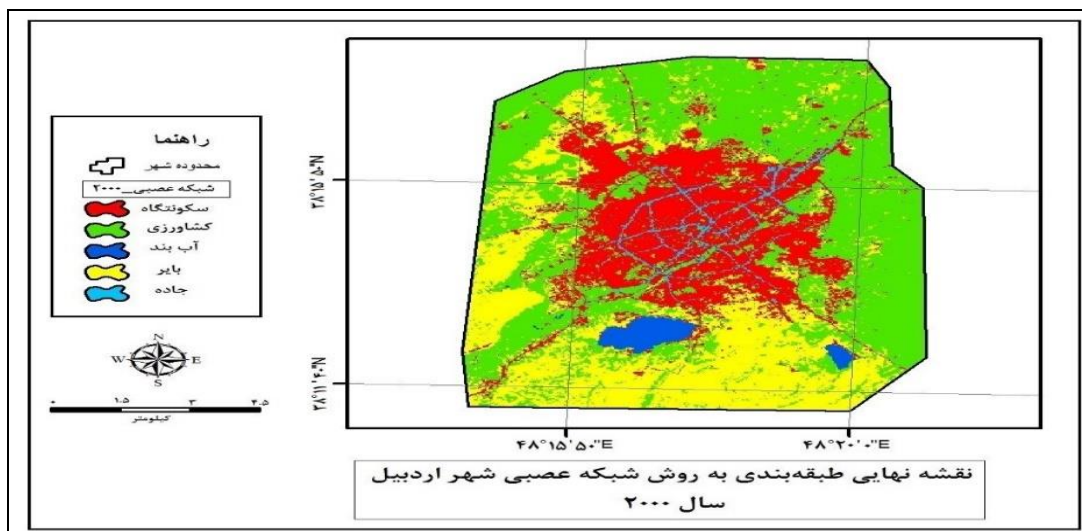
| واگرایی طیفی | ماهالانوبی | زاویه طرح طیفی | شبکه عصبی | حداکثر احتمال شباهت | حداقل فاصله | متوازی السطوح | سال  | نوع صحت   |
|--------------|------------|----------------|-----------|---------------------|-------------|---------------|------|-----------|
| ۵۹/۹۱        | ۸۶/۴۶      | ۶۳/۲۶          | ۹۲/۰۹     | ۹۰/۵۱               | ۷۷/۲۶       | ۷۱/۲۵         | ۲۰۰۰ | صحت کلی   |
| ۹۰/۳۴        | ۹۱/۷۳      | ۸۶/۷۶          | ۹۶/۸۶     | ۹۴/۸۶               | ۸۶/۶۳       | ۶۹/۷۰         | ۲۰۱۵ |           |
| ۰/۵۰۱۷       | ۰/۸۰۱۷     | ۰/۵۲۷۷         | ۰/۸۸۴۵    | ۰/۸۶۴               | ۰/۶۸۹۸      | ۰/۵۸۱۴        | ۲۰۰۰ | ضریب کاپا |
| ۰/۸۷۱۶       | ۰/۸۸۹۴     | ۰/۸۲۷۶         | ۰/۹۵۷۴    | ۰/۹۳۰۸              | ۰/۸۲۱۶      | ۰/۵۷۷۴        | ۲۰۱۵ |           |

منبع: یافته های تحقیق، ۱۳۹۶.

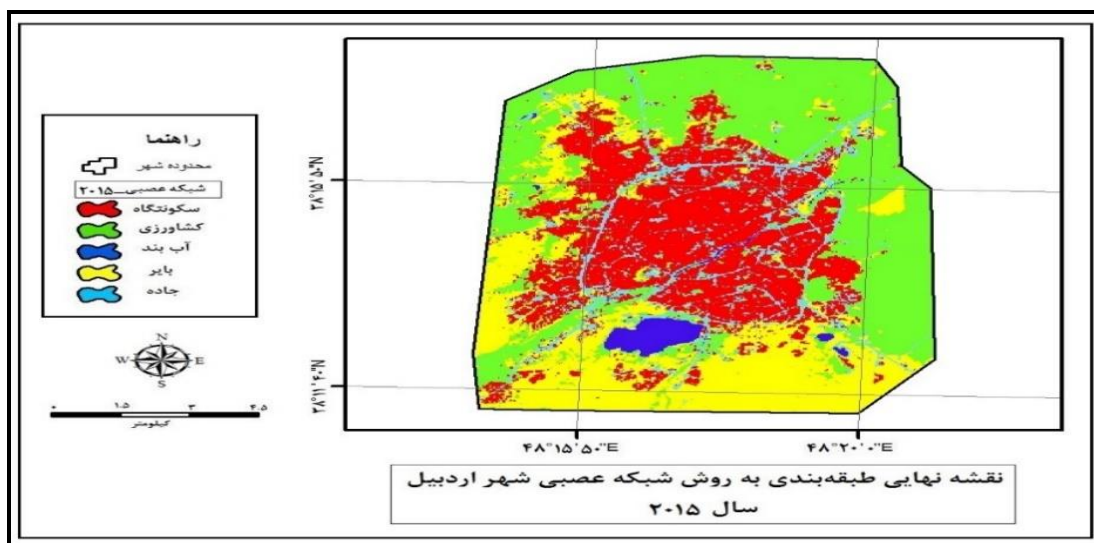
جدول شماره ۳ مقادیر صحت کلی و ضریب کاپا را برای هر یک از روش های طبقه بندی انجام شده برای هر دو سال ۲۰۱۵ و ۲۰۰۰ نشان می دهد همانطور که از جدول شماره ۳ مشخص است، روش طبقه بندی شبکه عصبی (Neural Net) دارای دقت کلی بالاتر و ضریب کاپای قابل قبول تری نسبت به بقیه روش های طبقه بندی می باشد. در این تحقیق، روش طبقه بندی شبکه عصبی دارای صحت کلی ۹۲/۰۹ درصد برای سال ۲۰۰۰ و ۹۶/۸۶ درصد برای سال ۲۰۱۵ بوده همچنین این روش طبقه بندی دارای ضریب کاپای ۰/۸۸۴۵ برای سال ۲۰۰۰ و ۰/۹۵۷۴ برای سال ۲۰۱۵ می باشد. بنابراین برای ادامه کار و انجام تحلیل های تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه (شهر اردبیل، ایران) از روش طبقه بندی شبکه عصبی استفاده شد. شکل شماره ۱۱ نقشه نهایی طبقه بندی به روش شبکه عصبی را برای شهر اردبیل در سال ۲۰۰۰ نشان می دهد. در روش شبکه عصبی از پنج کلاس برای نمایش طبقات مختلف کاربری اراضی استفاده شد. کلاس های:

- ۱- مناطق مسکونی و سکونتگاهی (Settlement) با رنگ قرمز
- ۲- مناطق پوشش گیاهی و درخت (Agric) با رنگ سبز
- ۳- مناطق پوشش آب و آب بند (Water) با رنگ آبی تیره
- ۴- مناطق عاری از سکنه و پوشش گیاهی (Free) با رنگ زرد
- ۵- مناطق جاده ای و راهها (Road) با رنگ آبی روشن

نمایش داده شده است. تمامی موارد ذکر شده برای شکل شماره ۱۱ در شکل شماره ۱۲ نیز که طبقه بندی شبکه عصبی شهر اردبیل را برای سال ۲۰۱۵ نشان می دهد، رعایت شده است.



شکل ۱۱- طبقه بندی به روش شبکه عصبی برای کاربری اراضی شهر اردبیل در سال ۲۰۰۰



شکل ۱۲- طبقه‌بندی به روش شبکه عصبی برای کاربری اراضی شهر اردبیل در سال ۲۰۱۵- منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶.

جدول شماره ۴ فراوانی و مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شده کاربری اراضی شهر اردبیل برای سال ۲۰۰۰ و جدول شماره ۵ فراوانی و مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شده کاربری اراضی شهر اردبیل برای سال ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد.

جدول ۴- جدول فراوانی و مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شده کاربری اراضی شهر اردبیل برای سال ۲۰۰۰

| کلاس    | فراوانی | کد شبکه | مساحت (کیلومتر مربع) |
|---------|---------|---------|----------------------|
| مسکونی  | ۱۴۳۳    | ۱       | ۲۷/۵۹                |
| کشاورزی | ۲۴۳۱    | ۲       | ۵۶/۰۱                |
| آب بند  | ۳۵      | ۳       | ۲/۲۲                 |
| بایر    | ۲۰۲۷    | ۴       | ۳۲/۱۴                |
| جاده    | ۷۵۱     | ۵       | ۲/۲۰                 |

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶.

جدول ۵- جدول فراوانی و مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شده کاربری اراضی شهر اردبیل برای سال ۲۰۱۵

| کلاس    | فراوانی | کد شبکه | مساحت (کیلومتر مربع) |
|---------|---------|---------|----------------------|
| مسکونی  | ۹۱۱     | ۱       | ۳۴/۸۰                |
| کشاورزی | ۶۵۲     | ۲       | ۴۱/۶۷                |
| آب بند  | ۹۷      | ۳       | ۲/۳۵                 |
| بایر    | ۱۱۴۶    | ۴       | ۳۱/۴۷                |
| جاده    | ۱۸۷۶    | ۵       | ۹/۸۵                 |

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۶.

همانطور که از جداول ۴ و ۵ مشخص است، می‌توان میزان تغییرات هر یک از کلاس‌ها را در طی دو زمان ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ برای شهر اردبیل به خوبی مشاهده کرد. بر این اساس مشاهده می‌شود که کلاس سکونتگاه از ۲۷/۵۹ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۰ به ۳۴/۸۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است. همچنین کلاس مناطق پوشش گیاهی و درختزار از ۵۶/۰۱ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۰ به ۴۱/۶۷ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ کاهش چشمگیری داشته است. کلاس مناطق آبی و آب بند از ۲/۲۲ کیلومتر مربع در سال ۲۰۰۰ به ۲/۳۵ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵



رسیده است. کلاس مناطق فاقد پوشش گیاهی و سکونتگاه از ۳۲/۱۴ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۰ به ۳۱/۴۷ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۵ افزایش داشته است. و نیز کلاس مناطق جاده‌ای از ۲/۲ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۰ به ۹/۸۵ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۵ رسیده است که میزان افزایش این کلاس نیز بسیار چشمگیر است.

### نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها:

یکی از کاربردهای مهم تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی پوشش سطح زمین می‌باشد و طی سالهای گذشته الگوریتم‌های متعددی برای این منظور ابداع شده‌اند. روش‌های طبقه‌بندی حداکثر احتمال، متوازی‌السطوح، حداقل فاصله از میانگین و شبکه‌های عصبی نمونه‌ای از این روش‌ها هستند. اگر چه تحقیقات گسترده‌ای در زمینه ارزیابی دقت روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است ولی در این تحقیق، روش طبقه‌بندی شبکه عصبی با متوسط دقت کلی تقریباً ۹۴ درصدی و میانگین ضریب کاپای حدود ۹۲ درصدی برای دو دوره ارزیابی شده سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ بهترین روش طبقه‌بندی از لحاظ دقت و صحت در میان سایر روش‌ها شناخته شد. نتایج تحقیق نشان داد که روش شبکه عصبی از دقت بالایی در استخراج کلاس‌ها از جمله آب و مناطق سکونتگاهی برخوردار است این در حالی است که سایر روشها مانند روش حداکثر احتمال دقت کمی در استخراج کلاسهای مانند مناطق سکونتگاهی دارد. نتایج به دست آمده در این تحقیق موافق نتایج پژوهش تینگ و یانگ (۲۰۱۵) و مخالف نظرات توپال‌اوغلو و همکاران (۲۰۱۶) و اوتیوکی و بلاشکه (۲۰۱۰) می‌باشد. همچنین در این تحقیق روش‌های حداکثر احتمال و ماهالونوبی به ترتیب پس از روش شبکه عصبی بهترین ضریب دقت و کاپا را به دست آوردند.

### منابع و مأخذ:

۱. تیموری، راضیه؛ روستایی، شهریور؛ اکبری زمانی، اصغر و محسن احدنژاد. (۱۳۸۹). ارزیابی تناسب فضایی-مکانی پارک‌های شهری با استفاده از GIS که (مطالعه موردی: پارک‌های منطقه دو شهرداری تبریز). مجله علمی پژوهشی فضای جغرافیایی. سال دهم. شماره ۳۰. صفحه ۱۳۷-۱۶.
۲. حسنی تبار، سید محمد و جعفر جعفرزاده. (۱۳۹۵). گامی نو در پردازش تصاویر ماهواره‌ای (مبانی و کاربرد) نرم افزار ENVI5.3 چاپ اول. انتشارات ناقوس. ۲۰۳ صفحه.
۳. زبیری، محمود و علیرضا مجد. (۱۳۹۲). آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۲ صفحه.
۴. سالنامه آماری. (۱۳۹۰). سرشماری نفوس و مسکن، استان اردبیل.
۵. سلطانی، محمدرضا و جلال کرمی. (۱۳۹۴). آشکارسازی تغییرات ساختمانها از تصاویر ماهواره کویک‌برد با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم-گیری. نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی. سال ۲۶. پیاپی ۵۷. شماره ۱. صفحه ۱۱۷-۱۲۸.
۶. شریفی، لیلا؛ رسولی، علی اکبر؛ حجازی، میراسدالله و هاشم رستم زاده. (۱۳۹۲). آشکارسازی تغییرات کاربری پوشش اراضی با استفاده از پردازش شی‌گرایی تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان تبریز). نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی. سال ۱۷. شماره ۴۴. صفحه ۲۱۴-۲۰۳.
۷. عزیزی قلاتی، سارا؛ رنگزن، کاظم؛ سدیدی، جواده؛ حیدریان، پیمان و ایوب تقیزاده. (۱۳۹۵). پیش بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف-CA (مطالعه موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس). نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۷، شماره ۱، صفحه ۵۹-۷۱.
۸. علوی پناه، سیدکاظم. (۱۳۹۲). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (خاک). انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم. ۵۰۰ صفحه.
۹. غفاری، سید رامین؛ شفق، سیروس و نگین صالحی. (۱۳۸۹). ارزیابی سازگاری کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی. نشریه مطالعات پژوهشی شهری و منطقه‌ای. سال اول. شماره چهارم. صفحه ۵۹-۷۶.
۱۰. فاطمی، باقر و یوسف رضایی. (۱۳۹۳). مبانی سنجش از دور، چاپ دوم. انتشارات آزاده. ۲۶۸ صفحه.

۱۱. فیضی زاده، بختیار؛ جعفری، فیروز و حسین نظم فر. (۱۳۸۷). کاربرد داده‌های سنجنش‌ازدور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری (مطالعه موردی: فضای سبز شهر تبریز). نشریه هنرهای زیبا. شماره ۳۴. صفحه ۱۷-۲۴.
۱۲. فیضی زاده، بختیار؛ حسینی تبار، سیدمحمد و جعفر جعفرزاده. (۱۳۹۷). امکان‌سنجی استفاده از تکنیکهای تلفیق و بهینه‌سازی در ارتقاء پارامتر مقیاس سگمنت‌سازی جهت پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای. نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۲، شماره ۵۶، پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۱۹-۱.
۱۳. مکرونی، سرور؛ سبزیبایی، غلامرضا؛ یوسفی خانقاه، شهرام و ستار سلطانیان. (۱۳۹۵). نشریه سنجنش‌از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۷، شماره ۳، صفحه ۸۹-۹۹.
۱۴. میرزایی زاده، وحید؛ نیکتازاد، مریم و جعفر اولادی قادیکلایی. (۱۳۹۴). ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده غیرپارامتریک در تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸ سنجنش‌از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۲۹-۴۴: (۳)۶.
۱۵. میرکتولی، جعفر و محمدرضا کنعانی. (۱۳۹۰). ارزیابی سطوح توسعه و نابرابری ناحیه‌ای با مدل تصمیم‌گیری چند معیاره، مطالعه موردی: سکونتگاه‌های روستایی استان مازندران. مجله آمایش جغرافیایی فضا. سال اول، شماره دوم.
16. Ardelean, F., Dragut, L., Urdea, P., Torok-Oance, M., (2013). Variations in landform definition: a quantitative assessment of differences between five maps of glacial cirques in the Tarcu Mountains (Southern Carpathians, Romania). *Area* 45 (3), 348–357.
17. Arvor, D., Durieux, L., Andres, S., Laporte, M.A., (2013). Advances in geographic objectbased image analysis with ontologies: a review of main contributions and limitations from a remote sensing perspective. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 82, 125–137.
18. Blaschke, T, Burnett, C.(2003). A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis. *Ecological Modeling* 168: 233-249.
19. Blaschke, T., Object based image analysis for remote sensing.(2010). *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, journal homepage: [www.elsevier.com/locate/isprsjprs](http://www.elsevier.com/locate/isprsjprs).pp.10-21.
20. Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*, 113(5), 893-903.
21. Clemens Eisank, Lucian Drăguț, .(2012).Automated classification of topography from SRTM data using object-based image analysis, *Geomorphology*; 141-142:21-33.
22. Baker, B.A., Warner, T.A., Conley, J.F., McNeil, B.E., (2013). Does spatial resolution matter? A multi-scale comparison of object-based and pixel-based methods for detecting change associated with gas well drilling operations. *Int. J. Remote Sens.* 34 (5), 1633–1651.
23. Dixon, B., Candade, N. (2008). Multispectral landuse classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both. *International Journal of Remote Sensing* 29, 1185–1206.
24. Islam, T., Rico-Ramirez, M.A., Han, D., Srivastava, P.K. (2012).Artificial intelligence techniques for clutter identification with polarimetric radar signatures. *Atmospheric Research* 109–110, 95–113.
25. Jaafar, W.Z.W., Liu, J., Han, D. (2011). Input variable selection for median flood regionalization. *Water Resources Research* 47, W07503.
26. John R. Jensen. (2006). *Remote Sensing of the Environment an Earth Resource Perspective. Second Edition. British Library Cataloguing-in-Publication Data. ISBN 10: 1-292-02170-5.*
27. Loveland, T. R., Reed, B. C, and Brown, J. F, Ohlen, D.O, Zhu, Z, Yang, L, and Merchant, J. W.(2000). Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 21.
28. Lu, D, Mausel, P, Brondi'zio, E., and Moran, E.(2004). Change detection techniques. *INT. J. REMOTE SENSING*, 20 JUNE, 2004, VOL. 25, NO. 12.
29. Meinel, G., Neubert, M. & Reder, J.(2017). The potential use of very high resolution satellite data for urban areas – First experiences with IKONOS data, their classification and application in urban planning and environmental monitoring. In: Jürgens, C. (ed.): *Remote sensing of urban areas. Regensburger Geographische Schriften* 35, pp. 196-205.

30. Mariana Belgiu a, Lucian Dra ̄gut \_b, Josef Strobl. (2014). Quantitative evaluation of variations in rule-based classifications of land cover in urban neighbourhoods using WorldView-2 imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 87 205–215.
31. Mukherjee, S., Sashtri, S., Gupta, M., Pant, M.K., Singh, C., Singh, S.K., Srivastava, P.K., Sharma, K.K. (2007). Integrated water resource management using remote sensing and geophysical techniques.. Aravali quartzite, Delhi, India. *Journal of Environmental Hydrology*, 15.
32. Munroe, D.K., Muller, D. Issues in spatially explicit statistical land-use/ cover change (LUCC) models. (2007). Examples from western Honduras and the Central Highlands of Vietnam. *Land Use Policy* 24, 521-530.
33. Murthy, CS, Raju, PV, and Bardrinath, K V S. (2003). Classification of wheat crop with multi-temperoral images: performance of maximum likelihood and artificial neural networks. *INT. J. Remote Sensing*, 24(23).
34. Otukei, J. R., & Blaschke, T. (2010). Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 12, S27-S31.
35. Richards J., A. (2013). *Remote sensing digital image analysis, fifth edition, springer*, 494 pp.
36. Satir, O., Berberoglu, S., (2012). *Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning. Landscape Planning, Intec, Turkey Published*, 22-54.
37. Seto KC, Woodcock C, Song C, Huang X, Lu J, Kaufmann R. (2002). Monitoring land use change in the Pearl River Delta using Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*, 23(10): 1985-2004.
38. Singh. R and R. Gupta.,(2016). "Improvement of Classification Accuracy Using Image Fusion Techniques," 2016 International Conference on Computational Intelligence and Applications (ICCIA), Jeju, 2016, pp. 36-40. doi: 10.1109/ICCIA.2016.21.
39. Szuster, B.W., Chen, Q., Borger, M. (2011). A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones. *Applied Geography* 31, 525–532.
40. Sharma, L., Pandey, P.C., Nathawat, M. (2012). Assessment of land consumption rate with urban dynamics change using geospatial techniques. *Journal of Land Use Science* 7 (2), 135–148.
41. Şatir, O., & Berberoğlu, S. (2012). *Land Use/Cover Classification Techniques Using Optical Remotely Sensed Data in Landscape Planning. Landscape Planning, Dr. Murat Ozyavuz (Ed.)*, ISBN, 978-953.
42. *Statistical Yearbook (2011), Population and Housing Census, Ardabil Province.*
43. Ting Liu, Xiaojun Yang, (2015). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics Original Research Article *Applied Geography*, Volume 56, January 2015, Pages 42-54.
44. Topaloğlu, Raziye Hale, Elif Sertel, Nebiye Musaoğlu. (2016). Assessment Of Classification Accuracies Of Sentinel-2 And Landsat-8 Data For Land Cover / Use Mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B8, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.
45. Van der Linden, S., Rabe, A., Okujeni, A., & Hostert, P. (2009). *Image SVM classification. Application Manual: image SVM version*, 2.
46. Verburg PH, Schot PP, Dijst MJ, Veldkamp A. (2004). Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal*, 61(4): 309-324.
47. Xu, M, Watanachaturaporn, P, Varshney, P. K, and Arora, M.K. (2005). Decision tree regression for soft classification of remote sensing data. *Remote Sens. Environ*, 97.
48. Yang, C, Prasher, S.O, Enright, P, Madramootoo, C, Burgess, M, Goel, P. K, and Callum, I. (2003). Application of decision tree technology for image classification using remote sensing data. *Agricultural Systems* 76.

