



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۴۴-۲۵

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67231.0>

مقاله پژوهشی

استخراج و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با به کارگیری الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر احتمال در محدوده حوضه آبریز اوجان چای بستان‌آباد

محمدحسین رضایی مقدم^۱ - استاد ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

داود مختاری - استاد ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

نسرین سمندر - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

چکیده

از آنجاکه زمین به‌عنوان یکی از نهاده‌های بخش تولید است، نه تنها در اقتصاد کشاورزی و منابع طبیعی بلکه در اقتصاد کل کشور نقش به‌سزایی دارد و توجه به زمین و تغییرات به وجود آمده در آن، امری ضروری است. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز اوجان چای با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS انجام شده است. از تصاویر چند زمانه سنجنده TM سال ۱۹۸۷ و ETM⁺ سال ۲۰۰۲ و ETM⁺ سال ۲۰۱۵ استفاده شد و نقشه‌های کاربری اراضی بر اساس پردازش رقومی حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان تهیه شد. نقشه‌های کاربری اراضی به همراه اطلاعات زمینی وارد محیط GIS شدند و میزان و نوع تغییرات کاربری اراضی در منطقه به دست آمد. با توجه به نتایج، روش SVM برای برآورد تغییرات منطقه مورد مطالعه کارآمدتر بوده به‌گونه‌ای که نتایج استخراج شده از درصد دقت و ضریب کاپای بالاتری برخوردار است. از نتایج ارزیابی‌ها می‌توان چنین استخراج کرد که روند تغییرات کاربری در برخی کاربری‌ها مانند اراضی زراعی و مراتع بالا است. اراضی زراعی از ۳۳ درصد به ۳۷ درصد در طی بازه زمانی ۲۸ ساله نوسان داشته و اراضی مرتعی نیز از ۵۱ درصد به ۴۹ درصد کاهش داشته که این دو کاربری بیشترین تغییرات را داشته‌اند. در نهایت با توجه به اینکه بیشتر تغییرات مربوط در تغییر مرتع به اراضی زراعی و بالعکس بوده است؛ بنابراین لزوم تمرکز فعالیت‌های مدیریت و اصلاح اراضی بر روی این نوع کاربری افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: کاربری اراضی، تغییرات، سنجش‌ازدور، GIS، اوجان چای.

۱-مقدمه

در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند و عامل انسانی می‌تواند بیشترین نقش را در این فرآیند ایفا نماید. امروزه بر پایه پیشرفت‌های تکنولوژیکی حاصله در قلمرو سنجش از راه دور، می‌توان تصاویر ماهواره‌ای را به منظور بررسی دقیق‌تر تغییرات محیطی بهنگام پردازش و نتایج نهایی را به‌طور مصور مدل‌سازی نمود (سلمانی و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده انسان از زمین، ساختار و عملکرد اکوسیستم را تغییر می‌دهد (تو، ۲۰۰۶، آوتوو، ۲۰۰۹)^۱. اهمیت پوشش گیاهی یا کاربری اراضی به‌عنوان یک عامل پویا و مؤثر بر شرایط زیستی ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت تعیین شود (کومن و همکاران، ۲۰۰۹)^۲. با استفاده از تکنیک‌های GIS و RS تهیه نقشه کاربری اراضی در زمان‌های مختلف و مقایسه آن‌ها با یکدیگر در راستای دستیابی به نقشه تغییرات ایجاد شده به‌راحتی قابل انجام است (گومه، ۲۰۱۲)^۳. با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش‌ازدور با کمترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام نمود و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی کرد (ریعی و همکاران، ۱۳۸۴). بسیاری از مطالعات مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سری‌های زمانی تصاویر سنجش‌ازدور برای استخراج پارامترهای تأثیرگذار بر تبدیل کاربری‌ها به‌صورت تجربی در سراسر منطقه انجام می‌گیرد (گانوی و لاثروب، ۲۰۰۵)^۴. در واقع مدل ابزار بسیار خوبی برای فهم و درک بهتر و سریع‌تر پیچیدگی‌های یک سیستم است (تورنس و اوسولیان، ۲۰۰۱)^۵. امروزه با توجه به عوامل زیادی گسترش جمعیت و شهرنشینی رو به افزایش است و به دنبال آن گسترش شهری می‌تواند به تغییرات کاربری زمین منجر شود (سپهری و همکاران، ۱۳۹۸). نقشه‌های پوشش اراضی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نقش مهمی در ارزیابی منطقه‌ای و ملی ایفا می‌کنند (خورن و همکاران، ۲۰۰۹)^۶ از جمله کاربردهای سنجش‌ازدور فرآیند آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در دو جفت تصویر با موقعیت مکانی یکسان در زمان‌های مختلف است. از جمله روش‌های آشکارسازی تغییرات، روش پس از طبقه‌بندی^۷ (سینگه و همکاران، ۲۰۰۵، راکه، ۱۹۸۹)^۸ می‌باشد. در این روش تأثیرات اتمسفر، سنجنده و محیط کاهش می‌یابد و تغییرات به‌صورت ماتریس بیان می‌گردد ولی صحت این نوع آشکارسازی به صحت طبقه‌بندی تصاویر بستگی دارد (یو و همکاران، ۲۰۱۲)^۹. عموماً روش‌های طبقه‌بندی به دو

1 Theau, Awotwi,

2 Koomen et al.

3 Gumeh,

4 Conway & Lathrop

5 Torrens & Osullivan,

6 Khorn&et al

7 Post Classification Method

8 Radke, R. J,1989, Singh &et

9 Yu and et al,

روش پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شود که از روش‌های پارامتریک می‌توان روش ^۱MLC را که از واریانس و کوواریانس داده‌ها استفاده می‌کند و در صورت نرمال بودن نقاط آموزشی دقت قابل قبولی را می‌دهد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵) و از روش‌های ناپارامتریک، می‌توان از ماشین بردار پشتیبان ^۲SVM نام برد (فودی و همکاران، ۲۰۰۴).^۳ این روش‌ها از ویژگی‌های آماری داده‌ها استفاده نمی‌کنند و اخیراً جزو تکنیک‌های طبقه‌بندی قرار گرفته‌اند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵) تئوری SVM توسط واپتیک و همکاران در سال ۱۹۷۱ پیشنهاد شد و در سال ۲۰۰۰ جزئیات آن بررسی شد و سپس در سال ۲۰۰۴ برای استفاده در سنجش‌ازدور مورداستفاده قرار گرفت (اسریواستیو، ۲۰۱۲).^۴ در ارتباط با پیشینه تحقیق، می‌توان به پژوهش‌هایی اشاره کرد که از جمله: نیتز و همکاران^۵ (۲۰۱۲) برای بررسی نوع محصولات زراعی دشت‌های کانادا را مورد طبقه‌بندی قرار دادند و برای این منظور روش‌های ^۶RF، ^۷ANN، SVM و MLC را مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش SVM از صحت بالاتری نسبت به روش‌های دیگر برخوردار است. (کولیوس، ۲۰۱۳)^۸ برای آشکارسازی تغییرات از روش SVM و ANN همچنین از تصاویر لندست 7 استفاده کرد و به این نتیجه رسید که روش SVM کارایی بهتری دارد. (یو و همکاران، ۲۰۱۲) برای تهیه نقشه لیتولوژی از روش‌های MLC و SVM همچنین تصاویر Aster استفاده کرد و نتیجه گرفت که روش SVM صحت بالاتری در تهیه این نوع نقشه‌ها دارد. اندریانی (۱۳۹۵) با مقایسه کرنل‌های موجود در روش SVM نتیجه گرفت که با افزایش تعداد باندهای شرکت کننده در طبقه‌بندی، کرنل چندجمله‌ای نسبت به دیگر کرنل‌ها دقت بالاتری دارد. بررسی صحت، ارزیابی میزان تطابق نقشه حاصل از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی می‌باشد (لفسکی و کوهن، ۲۰۰۳).^۹ معمول‌ترین اجزای بررسی صحت شامل صحت کلی، صحت تولیدکننده، صحت استفاده کننده و ضریب کاپا می‌باشد (لو و همکاران، ۲۰۰۴).^{۱۰} برای ارزیابی صحت کلی پارامترها، یک معیار ارزش‌گذاری صحت طبقه‌بندی است که برای این کار از ماتریس درهمی پیشنهادی (دلفی و اسمیت، ۱۹۹۹)^{۱۱} استفاده می‌شود که در این ماتریس از مجموع پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده تمامی طبقات به مجموع پیکسل‌های کل تصویر استفاده می‌شود و در نتیجه این معیار فقط به‌عنوان صحت کلی لایه تولید شده خواهد بود. ضریب آماره کاپا نیز یکی دیگر از معیارهای ارزیابی صحت نقشه است. این ضریب نشان دهنده توافق حاصل از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی

- 1 Maximum Likelihood Classification
- 2 Support Vector Machine
- 3 Foody, M. G and et al
- 4 Srivastava, P. K
- 5 Nitze, A.&et al
- 6 Random forest
- 7 Artificial neural network
- 8 Kolios, S
- 9 Lefsky and Cohen
- 10 Lu et al
- 11 Dellepiane and Smith

می‌باشد و بین صفر تا یک متغیر است. عدد یک نشان دهنده توافق صددرصد لایه طبقه‌بندی شده با واقعیت زمینی می‌باشد (استهمان، ۲۰۰۴)^۱. در این تحقیق جهت بررسی تغییرات مساحت پوشش زمین حوضه آبریز اوجان چای از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵-۷ و ۸ بعد از اعمال تصحیحات لازم استفاده شد و به بررسی دقت الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر احتمال در استخراج تغییرات کاربری اراضی در این محدوده پرداخته شده است که تبدیل اراضی و تغییر کاربری در سطح آن اتفاق افتاده که مغایر با اصول زیست‌محیطی و توسعه پایدار می‌باشد. لذا، این پژوهش با هدف بررسی تغییرات تبدیل کاربری‌های اتفاق افتاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ در فواصل زمانی ۲۸ ساله انجام گرفته تا مقدار، درصد و موقعیت مکانی این تغییرات مشخص گردد. تا کنون در این منطقه مطالعه‌ای در رابطه با تغییرات کاربری صورت نگرفته است و این پژوهش کاری جدید برای این منطقه به حساب می‌آید. امید است از نتایج آن در مدیریت اصولی و توسعه پایدار منطقه مورد مطالعه استفاده شود

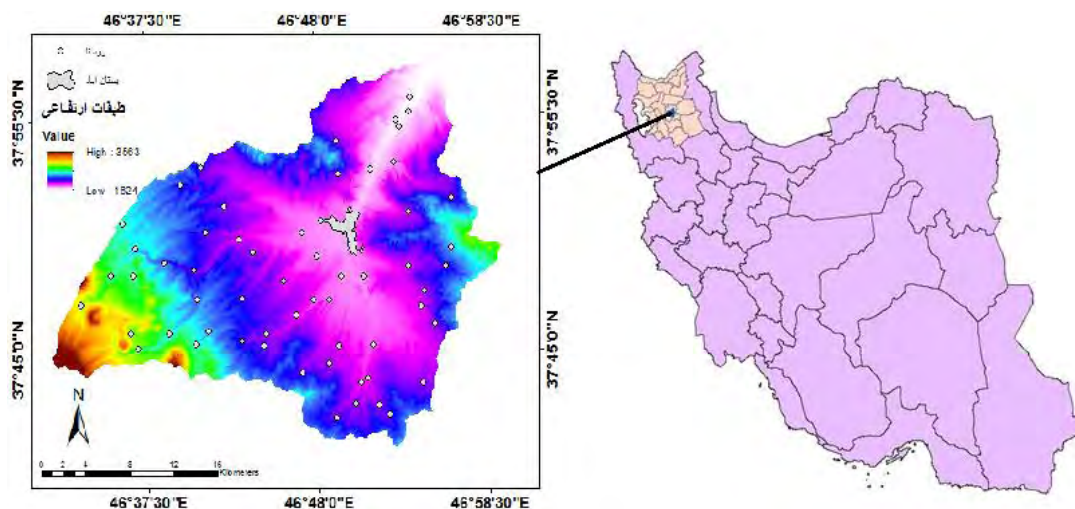
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه اوجان چای در دامنه‌های شرقی سهند واقع شده است و آب‌های دامنه شرقی این توده کوهستانی را زهکشی می‌کند. این رودخانه به طول ۳۵/۷۷ کیلومتر و با مساحت حوضه آبریز ۱۰۲۹ km^۲ در مختصات جغرافیائی ۳۷ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در شمال غربی ایران گسترش یافته است. این رودخانه پس از زهکشی بخشی از دامنه شرقی کوهستان سهند در نهایت به رودخانه آجی چای تبریز می‌ریزد. بیشترین ارتفاع حوضه ۳۴۷۸ متر و پایین‌ترین ارتفاع در بخش خروجی حوضه به ارتفاع ۱۵۲۸ متر می‌باشد. محدوده حوضه با استفاده از لایه رقومی ارتفاعی نوع ASTER^۲ با استفاده از توابع ARC Hydro استخراج گردیده است (شکل ۲). در این حوضه علاوه بر شهرستان بستان‌آباد که در بخش مرکزی حوضه قرار گرفته است، در حدود ۷۱ سکونتگاه روستایی نیز وجود دارد. با توجه به وجود آب که از دامنه‌های سهند سرچشمه می‌گیرد، و با توجه به مواد خروجی که فوران‌های توده سهند در زمین‌های اطراف به جای گذاشته است، زمین‌های حاصلخیزی به وجود آورده و کمک شایانی به کشاورزی منطقه داشته است. با توجه به همین عوامل سکونتگاه‌های موجود در این حوضه بیشتر در بخش جنوبی و جنوب غربی حوضه و در واقع در دامنه‌های سهند استقرار یافته‌اند. (شکل ۲).

1 Stehman, 2004:743

2 Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز اوجان چای (مأخذ: نویسندگان)

۲-۲- روش کار

به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، از تصویر ماهواره‌ای لندست ۵ (TM) سال ۱۹۸۷ و لندست ۷ (ETM⁺) سال ۲۰۰۲ و لندست ۸ (ETM⁺) برای سال ۲۰۱۵ استفاده شده است. از مدل رقومی ارتفاعی استر برگرفته شده از مشاهدات جهانی سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱ با اندازه پیکسل ۲۸ متری برای استخراج حوضه و تصحیح توپوگرافیکی تصویر انجام شد. بدین منظور مراحل پیش پردازش که شامل تصحیحات اتمسفری، هندسی و ارتفاعی است، بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. بعد از برش منطقه مطالعاتی از روی تصویر، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و از طریق بازدید زمینی و تفسیر بصری، مناطق تعلیمی برای هر کلاس کاربری در دو مرحله قبل از طبقه‌بندی و بعد از طبقه‌بندی برداشت شد. در این مرحله سعی شد انتخاب مناطق تعلیمی از پراکنش خوبی برخوردار باشد. در مرحله بازدید میدانی جهت تعیین نقاط تعلیمی با استفاده از GPS، با مصاحبه حضوری ساکنین منطقه، از چندین نقطه که کاربری آن‌ها در سال ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰ اطمینان حاصل شده بود، استفاده شد. با در نظر گرفتن تفکیک‌پذیری باندها، باندهای مناسب برای طبقه‌بندی ۴، ۵ و ۷ انتخاب شد. تصاویر مربوط به سال‌های موردنظر به فرمت پلیگون تبدیل شده، مساحت پوشش‌های مورد نظر محاسبه شد. سپس تصاویر پوشش هر سال مورد طبقه‌بندی مجدد قرار گرفت و نقشه‌های نهایی هر سال به ۴ طبقه تقسیم یافت. در ادامه هر تصویر به فرمت برداری تبدیل و مساحت کاربری‌های آن به دست آمد. با وارد کردن جداول اطلاعات توصیفی هر سال به نرم‌افزار اکسل روند تغییرات مساحت پوشش‌های زمین در فاصله سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ تخمین زده شد. جدول (۱)

1 Enhanced Thematic Mapper Plus

2 The USGS Global Visualization Viewer

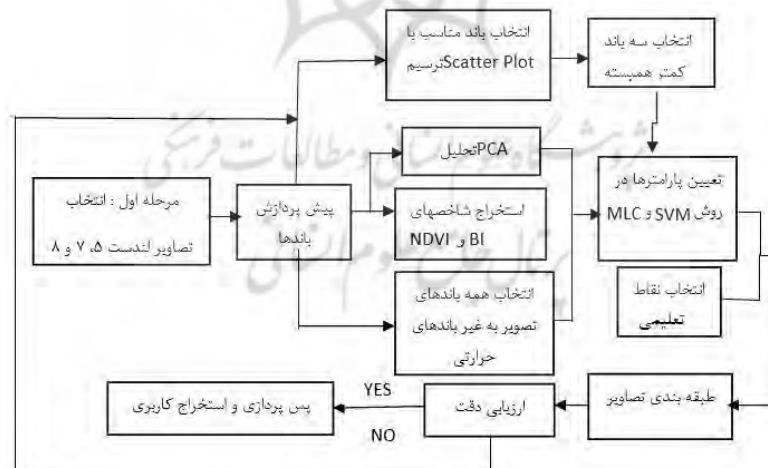
کلاس‌های قدیم و جدید تصاویر لندست را نشان می‌دهد. در راستای کاهش تعداد طبقه‌ها و ساده‌سازی روند محاسبات کلیه طبقه‌های مربوط به کاربری مرتعی مثل مراتع درجه ۱، مراتع درجه ۲ و مراتع درجه ۳ همگی تحت عنوان یک طبقه واحد مرتع بررسی شده‌اند و از طرفی مراتع منطقه مورد مطالعه اکثراً از نوع ضعیف تا متوسط بودند و این خود دلیلی بر ادغام طبقات گردید. همچنین دو طبقه اراضی کشاورزی آبی و باغی به یک طبقه اراضی کشاورزی آبی و باغی تقلیل یافتند.

جدول ۱- کلاس‌های قدیم و جدید لندست

| کلاس‌های قدیمی | IGBP (Type 1) | کلاس‌های جدید |
|----------------|-----------------|---------------|
| ۱ | مناطق مسکونی | ۱ |
| ۲ | کشاورزی آبی | ۲ |
| ۲ | مناطق باغی | ۲ |
| ۴ | اراضی زراعی دیم | ۳ |
| ۵ | مرتع درجه ۱ | ۴ |
| ۶ | مرتع درجه ۲ | ۴ |
| ۷ | مرتع درجه ۳ | ۴ |

(مأخذ: یافته‌های نویسنده‌گان)

شکل ۱ مراحل استخراج کاربری اراضی با روش SVM و MLC را نشان می‌دهد:



شکل ۱- مدل مفهومی استخراج کاربری اراضی با روش SVM و MLC در منطقه مورد مطالعه (مأخذ:

نویسنده‌گان)

شاخص پوشش گیاهی^۱ (NDVI)، شاخص خاک بایر^۲ (BI) و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) به عنوان باند ورودی در طبقه‌بندی‌ها شرکت داده شد و دقت آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

طبقه‌بندی با روش ماشین بردار پشتیبان^۳ SVM؛ این روش با استفاده از یک تابع کرنل سیگموئیدی، معادل شبکه عصبی پرسپترون دو لایه‌ای می‌باشد. به عبارتی این تابع داده‌های آموزشی را که به صورت غیرخطی در فضای چند بعدی با استفاده از تابع کرنل طرح‌ریزی می‌شود، در یک مجموعه داده به صورت خطی از هم جدا می‌کند که نتیجه آن طبقه‌بندی خطی بین داده‌ها می‌باشد. ویژگی اصلی این روش توانایی بالا در استفاده از نمونه‌های تعلیمی کمتر و رسیدن به دقت بالاتر نسبت به سایر روش‌های قبلی می‌باشد. این روش طبقه‌بندی کننده به صورت باینری عمل کرده و دو کلاس را با استفاده از یک فراصفحه از هم جدا می‌کند. برای تعریف نحوه قرارگیری این صفحه از کرنل‌هایی استفاده می‌گردد که در این مطالعه از کرنل چند جمله‌ای زیر استفاده گردیده است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵، ۷۲)

$$K(x_i, x_j) = (g x_i^T x_j + r)^d, g > 0 \quad \text{رابطه (۱)}$$

x_i, x_j : مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی، g : گاما؛ یک پارامتر تعریف شده توسط کاربر به عنوان عرض کرنل، d : درجه چند جمله‌ای، r : اریب یا تمایل و T : ماتریس واحد. در این کرنل از پارامتری به عنوان پنالتی^۴ برای بهبود خطای طبقه‌بندی استفاده می‌شود که افزایش آن تا حدی باعث کم شدن خطای طبقه‌بندی می‌شود. همچنین از یک مقدار به عنوان آستانه تحریک (بایاس)^۵ استفاده می‌گردد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به اینکه الگوریتم‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه بر اساس ماتریس واریانس و کوواریانس عمل می‌کنند، بنابراین حداقل پیکسل‌های مورد نیاز برای هر کلاس $n+1$ می‌باشد (به معنای تعداد باندهای مورد استفاده در عملیات طبقه‌بندی می‌باشد) اما در بهترین حالت بایستی تعداد نمونه‌های تعلیمی بین $n+10$ تا $n+100$ باشد. همچنین سعی شد از کلاس‌هایی که دارای الگوهای طیفی متفاوتی بودند نمونه‌های تعلیمی بیشتری برداشت شود تا تغییرات طیفی این کلاس‌ها در طبقه‌بندی دخالت داده شود (نظری سامانی و همکاران، ۱۳۸۹). در این تحقیق از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال نیز استفاده شد که به عنوان یکی از دقیق‌ترین روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه توسط اکثر محققین پذیرفته شده است. در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به دو روش نظارت شده یا نظارت نشده انجام می‌گیرد. در طبقه‌بندی نظارت شده برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌هایی آموزشی استفاده می‌شود؛ بدین معنی که با تعریف پیکسل‌های مشخصی از تصویر برای هر کدام از

1 Normalize Difference Vegetation Index

2 Bare Soil Index

3 Support Vector Machine

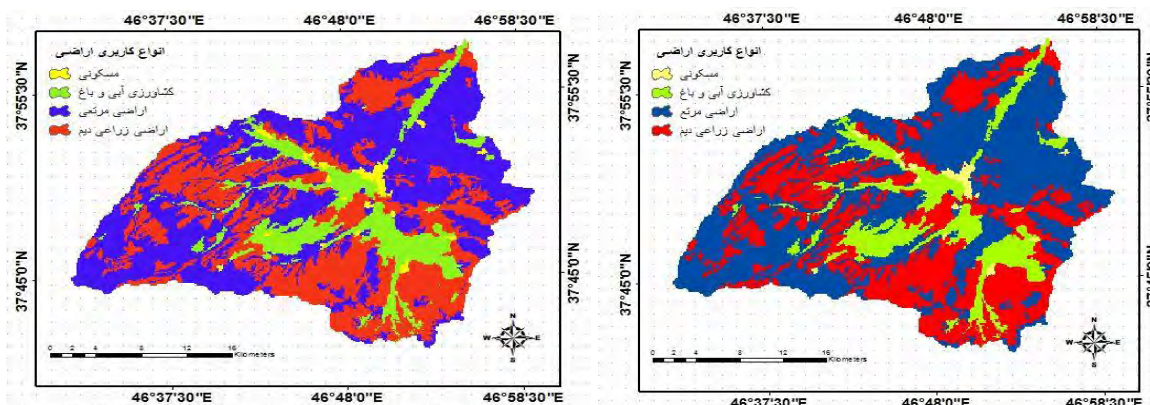
4 Penalty Parameter

5 Bias

کلاس‌ها، عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام می‌شود. سپس با استفاده از الگوریتم خاصی عمل طبقه‌بندی انجام می‌شود که می‌توان به الگوریتم‌های حداکثر احتمال و حداقل فاصله تا میانگین اشاره کرد که در این روش ارزش بازتابی هر پیکسل ناشناخته براساس واریانس و کوواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه تجزیه و تحلیل می‌شود و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه براساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند. این فرض براساس تجارب حاصل از بازتاب انرژی از اجسام پذیرفته شده است. در عمل واریانس یا کوواریانس و میانگین طبقه‌های مختلف هر تصویر ماهواره‌ای، برای طبقه‌بندی پدیده‌ها محاسبه می‌شود تا هر یک از پیکسل‌ها در طبقه‌ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸). طبقه‌بندی حداکثر احتمال MLC جزو روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و آماری می‌باشد. در این روش کلاسی به پیکسل مورد نظر تعلق می‌گیرد که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد، به عبارتی جزو روش‌های پارامتریک می‌باشد که از واریانس و کوواریانس داده‌ها استفاده می‌کند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵) نقشه طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از نرم‌افزار ENVI و روش طبقه‌بندی نظارت شده از نوع بیشترین احتمال و روش ماشین بردار پشتیبان به دست آمد. به منظور تعیین دقت طبقه‌بندی از نقاط برداشت شده زمینی استفاده شد. در این مرحله با انجام مقایسه بین نقشه حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره و بازدیدهای میدانی، ماتریس خطا تهیه شد و در نهایت بر اساس معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا، دقت کاربر و دقت تولید کننده میزان دقت طبقه‌بندی تصاویر به همراه کلاس‌های مختلف کاربری ارضی محاسبه شد.

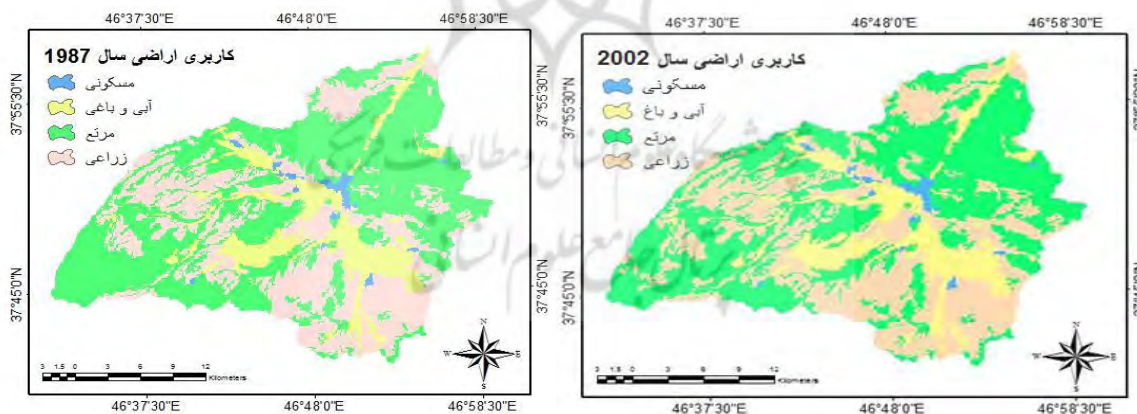
۳- نتایج

در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا تغییرات کاربری اراضی در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۶ (۱۹۸۷-۲۰۱۵) با روش‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر مشابهت و ارزیابی این تغییرات و در نهایت به دست آوردن ماتریس انتقال وضعیت مد نظر قرار گرفته شود. در این راستا شکل شماره ۳ نقشه پوشش سطح زمین در سال ۲۰۱۵ با هر دو روش کار شده را نشان می‌دهد. در این نقشه‌ها طبقه‌بندی‌های کاربری اراضی به صورت ادغام شده ارائه شده است. پس از استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی از تصاویر لندست، و ادغام این دو نقشه با یکدیگر، روند تغییرات کاربری اراضی برای سه دوره زمانی در حوضه مورد مطالعه بررسی شد.

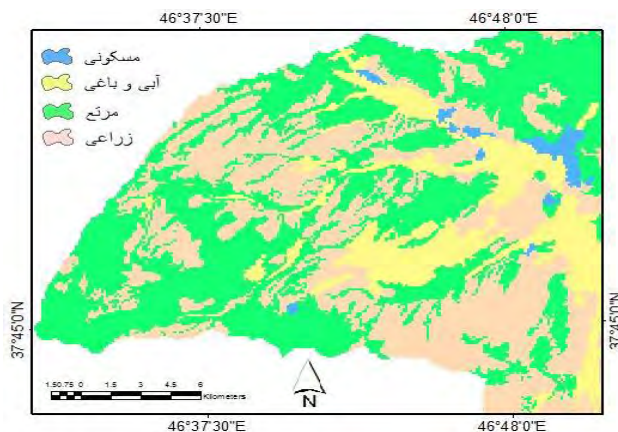


شکل ۳- نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین محدوده حوضه اوجان چای مربوط به سال ۲۰۱۵ با مدل های MLC (سمت راست) و SVM (سمت چپ) (مأخذ: نویسندگان)

با بررسی نقشه های استخراج شده از هر دو مدل و ارزیابی دقت نقشه ها و تفسیر بصری آن ها، نتایج حاکی از آن بود که نقشه های استخراجی مدل SVM از درصد دقت و ضریب کاپای بالاتری برخوردار است. نتایج اولیه به دست آمده از این طبقه بندی با نتایج ارائه شده محققان قبلی که در پیشینه به آن ها اشاره شده است مشابهت دارد و با توجه به اینکه ضریب دقت و کارایی مدل و همخوانی نتایج با واقعیت در بحث تغییرات کاربری بسیار مهم می باشد در ادامه نقشه های استخراجی با مدل SVM در طی سال های ۱۳۶۶، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۵ و جزئیات تغییرات رخ داده در طی حدوداً ۲۸ سال ارائه شده اند. (شکل های شماره ۴-۵-۶ و ۷).

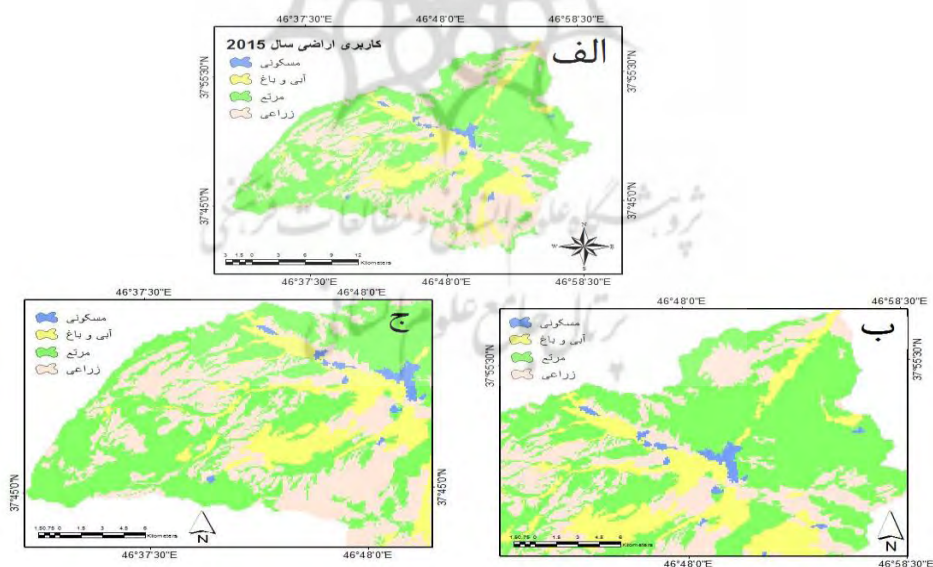


شکل ۴- نقشه کاربری اراضی محدوده اوجان چای در سال های (۱۳۶۶) ۱۹۸۷ و (۱۳۸۱) ۲۰۰۲ با مدل SVM (مأخذ: نویسندگان)



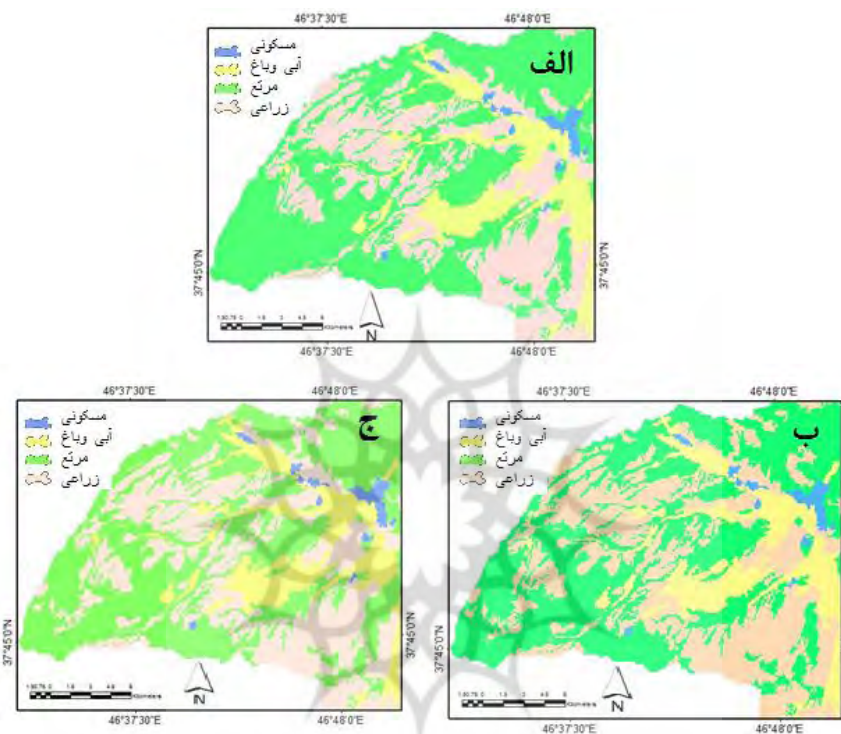
شکل ۵- نمایی از تغییر کاربری بخش غربی به زمین‌های زراعی که در طی ۱۵ سال اتفاق افتاده است. (مأخذ: نویسندگان)

نقشه‌های استخراجی گویای آن هستند که بخش وسیعی از منطقه تحت پوشش کاربری زراعی و مرتع می‌باشند و تغییرات کاربری در طی بازه زمانی ۱۵ ساله اکثراً در این قسمت‌ها ایجاد شده است و همان‌طور که از شکل ۵ می‌توان استخراج کرد، اکثر تغییرات از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۱ در نیمه‌های غربی حوضه که زمین زراعی در آن بخش‌ها تمرکز دارند رخ داده است.



شکل ۶- نقشه کاربری اراضی محدوده اوجان چای در سال (۱۳۹۵) ۲۰۱۵ (الف)، نمایی از تغییر بخش شرقی به زراعت و باغ (ب) و بخش غربی به مرتع (ج) که در طی حدوداً ۲۸ سال اتفاق افتاده است (مأخذ: نویسندگان)

همان‌طور که در نقشه‌های شکل ۶ می‌توان مشاهده کرد، در سال ۲۰۱۵ نیز نسبت به نقشه‌های ۲۸ سال گذشته، بخش اعظم منطقه مورد مطالعه تحت پوشش زمین‌های زراعی و مرتعی می‌باشد. تغییرات بخش‌های مسکونی و باغات در طی دوره ۲۸ ساله نیز مشاهده می‌شود. با توجه به نقشه‌های مقایسه‌ای بخش‌های غربی و شرقی حوضه، در هر دو نیمه بیشترین تغییرات مربوط به کاربری‌های مرتع و زراعی می‌باشد.



شکل ۷- تغییرات رخ داده در نیمه غربی حوضه اوجان چای در سال‌های ۱۹۸۷ (الف)، ۲۰۰۲ (ب) و ۲۰۱۵ (ج) با مدل SVM (مأخذ: نویسندگان)

با توجه به توضیحات شکل‌های ۵ و ۶ و برای برجسته کردن توضیحات و تغییرات رخ داده در کاربری‌های اراضی، شکل ۷ ارائه شده است تا نمای واضحی از تغییرات کاربری اراضی رخ داده در طی بازه زمانی ۲۸ ساله در منطقه مورد مطالعه نشان داده شود. همان‌طور که از نقشه‌ها قابل استنباط می‌باشد، تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ از کاربری زراعی به مرتع و بالعکس بسیار مشاهده می‌شود. تغییرات رخ داده به صورت آمار و ارقام در جداول ۷-۴ به‌طور مفصل ارائه شده‌اند.

جدول ۲ نتایج مربوط به میزان تغییرات رخ داده در بازه زمانی ۲۰۰۲-۱۹۸۷ (۱۳۸۱-۱۳۶۶) را برحسب هکتار نشان می‌دهد. در بین این تغییرات نزدیک به ۹۴ درصد از سطح کاربری‌های قبلی در سال ۱۹۸۷ بدون هیچ‌گونه

تغییری در سال ۲۰۰۲ نیز یافت شده‌اند. در واقع تبدیل اراضی از شرایط مرتع به دیمزار و زراعی و همچنین از دیمزار به مرتع نیز در درجه بعدی اهمیت قرار دارد و در شرایط فعلی بیش از ۵۰ درصد منطقه مرتع می‌باشد. علاوه بر موارد فوق موارد مختلفی در حد زیر یک درصد (اعم از تبدیل اراضی مرتعی به باغات و همچنین باغ به اراضی زراعی نیز به دست آمده است). این ارقام، از یک سو می‌تواند نشانه تغییرات جزئی در این نوع کاربری‌ها باشد و از سوی دیگر می‌تواند شامل خطاهای مربوط به هر کدام از این کلاس‌های کاربری اراضی باشد.

جدول ۲- توزیع سطوح انواع کاربری و پوشش اراضی به تفکیک در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲

| نوع پوشش گیاهی و کاربری زمین | مساحت هکتار | مساحت در سال ۱۹۸۷ به درصد | مساحت در سال ۲۰۰۲ به هکتار | مساحت در سال ۲۰۰۲ به درصد | تغییرات کاربری و پوشش زمین به هکتار | تغییرات کاربری و پوشش زمین به درصد |
|------------------------------|-------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| مناطق مسکونی | ۹۲۰/۸۷۰ | ۱/۱۹ | ۸۵۹۲/۹۱۰ | ۲۵/۱ | ۹۳/۳۹ | ۰/۷۰ |
| اراضی کشاورزی آبی | ۹۲۹/۹۶۶۸ | ۱۳/۳۱ | ۲۶/۱۰۰۳۸ | ۸۱/۱۳ | ۲۷۱/۳۶۹ | ۰/۵ |
| مرتع | ۵۷/۳۷۴۶۸ | ۵۱/۵۸ | ۱/۳۶۰۷۲ | ۶۵/۴۹ | -۱۳۹۶/۴۷ | ۱/۹۳ |
| اراضی زراعی | ۰۰۸۲/۲۴۶۳۱ | ۳۳/۹۰ | ۱/۲۷۲۹۸ | ۵۸/۳۷ | ۰۹۱۸/۲۶۶۷ | ۳/۶۸ |
| مجموع | ۴۲۷۲/۲۶۶۳۹ | ۱۰۰ | ۴۲۷۲/۲۶۶۳۹ | ۱۰۰ | - | - |

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست

بر اساس نتایج به دست آمده از نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۶۶ بیشترین کاربری متعلق به اراضی مرتعی و زراعی و همچنین بر اساس نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۵ مشابه سال ۱۳۶۶ بیشترین کاربری متعلق به اراضی مرتعی و زراعی می‌باشد (شکل‌های ۶، ۵، ۴).

جدول ۳ نیز مقادیر کاربری اراضی و میزان تغییرات آن‌ها در منطقه مورد مطالعه را برحسب هکتار در طی بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۲ (۱۳۹۵-۱۳۸۱) نشان می‌دهد. در بین این تغییرات نزدیک به ۹۷ درصد از سطح کاربری‌های قبلی در سال ۲۰۰۲ بدون هیچ‌گونه تغییری در سال ۲۰۱۵ نیز یافت شده‌اند. در واقع تبدیل اراضی از شرایط زراعی به مرتع در این بازه نیز مشهود است. براین اساس مشخص می‌شود که بیشترین حد افزایش، مربوط به کاربری مرتع و برعکس بیشترین کاهش مربوط به کاربری زراعی می‌باشد.

جدول ۳- توزیع سطوح انواع کاربری و پوشش اراضی به تفکیک در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵

| نوع پوشش گیاهی و کاربری زمین | مساحت در سال ۲۰۰۲ به هکتار | مساحت در سال ۲۰۰۲ به درصد | مساحت در سال ۲۰۱۵ به درصد | مساحت در سال ۲۰۱۵ به درصد | تغییرات کاربری و پوشش زمین به درصد | تغییرات کاربری و پوشش زمین به هکتار |
|------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| مناطق مسکونی | ۸۵۹۲/۹۱۰ | ۲۵/۱ | ۸۵۹۲/۹۱۰ | ۲۵/۱ | ۰ | ۰ |
| اراضی کشاورزی آبی | ۲/۱۰۰۳۸ | ۸۱/۱۳ | ۴۳۸/۹۵۳۴ | ۱۲/۱۳ | -۰/۶۹ | -۵۰۳/۷۶۲ |
| مرتع | ۱/۳۶۰۷۲ | ۴۹/۶۵ | ۵۷/۳۷۰۲ | ۵۲/۵۰ | ۰/۸۷ | ۶۲۸/۴۷ |
| اراضی زراعی | ۱/۲۷۲۹۸ | ۳۷/۵۸ | ۵۶/۲۵۴۹۱ | ۰۹/۳۵ | -۲/۴۹ | -۵۱۰/۸۶۵۴ |
| مجموع | ۴۲۷۲/۷۲۳۳۹ | ۱۰۰ | ۴۲۷۲/۷۲۳۳۹ | ۱۰۰ | | |

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست

به منظور ارزیابی دقیق تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه روش انطباق جداول و مقایسه سه تصویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ مورد استناد قرار گرفت. نتایج حاصله نشان دهنده ۱۰/۲۲ درصد تغییر در کاربری اراضی منطقه می‌باشد که بیشترین تغییر مربوط به کلاس اراضی زراعی با ۶/۱۷ درصد و کمترین تغییر مربوط به مناطق مسکونی با ۰/۰۶ درصد می‌باشد.

۴- بحث

تغییرات کاربری اراضی یکی از عامل‌های مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک، فرسایش حوضه و انهدام تنوع زیستی است. بنابراین می‌توان با اطلاع از روند تغییرات کاربری اراضی در راستای هدایت اکوسیستم به سمت تعادل قدم برداشت. داشتن آمار و اطلاعات به هنگام، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی است (نظری سامانی و همکاران، ۱۳۸۹). در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند و عامل انسانی می‌تواند بیشترین نقش را در این فرآیند ایفا نماید (اخوان قالیباف و همکاران، ۱۳۹۸) در این تحقیق جهت بررسی تغییرات مساحت پوشش زمین حوضه آبریز اوجان چای از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵-۷ و ۸ بعد از اعمال تصحیحات لازم استفاده شد و به بررسی دقت الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر احتمال در استخراج تغییرات کاربری اراضی در این محدوده پرداخته شد که تبدیل اراضی و تغییر کاربری در سطح آن اتفاق افتاده که مغایر با اصول زیست‌محیطی و توسعه پایدار می‌باشد. این پژوهش به بررسی تغییرات تبدیل کاربری‌های اتفاق افتاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ در فواصل زمانی ۲۸ ساله پرداخت و مقدار، درصد و موقعیت مکانی این تغییرات مشخص گردید (شکل‌های ۷ و ۶-۵) (جداول ۳ و ۲). در مرحله پیش پردازش تصحیحات

هندسی و رادیومتریکی روی تصاویر انجام شد. تصحیح رادیومتریکی زمانی انجام می‌گیرد که، از تصاویر چند زمانه یعنی تصاویری که مربوط به فصول یا سال‌های مختلف و یا سنجنده‌های مختلف هستند، استفاده شود (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸). پیش از به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در تجزیه تحلیل رقومی، کیفیت آن‌ها از نظر وجود خطای هندسی، پرتوسنجی مانند راه‌راه شدگی، زیر هم قرار نگرفتن خطوط اسکن، پیکسل‌های تکراری، خطاهای اتمسفری مانند وجود لکه‌های ابر مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور انجام تصحیحات رادیومتریکی بر روی تصاویر نیاز است ارزش رقومی ثبت‌شده از یک پیکسل معین که در سال‌های مختلف، تحت تأثیر زاویه دید، موقعیت و زاویه خورشید و شرایط اتمسفری قرار می‌گیرد، خطاهای آن رفع گردد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸). به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ استفاده شد. از آنجاکه تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک باندها با استفاده از گام خاکستری است، تصویر رنگی کاذب هر تاریخ با استفاده از ترکیب باندهای ۲۳۴ به ترتیب بانگ‌های مادون‌قرمز، قرمز و سبز تولید در محیط نرم‌افزار ENVI 4.8 تولید شد. این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند. از روش طبقه‌بندی نظارت شده برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی استفاده شد. در اولین گام یک طبقه‌بندی نظارت شده، تعریف مناطقی است که به‌مثابه نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس هستند، بر روی تصاویر انجام شد. برای این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف شدند، سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه رقومی کردن روی صفحه رایانه رقومی شدند. در مرحله دوم، نمونه‌های تعلیمی تفکیک شدند و مرحله سوم طبقه‌بندی کاربری اراضی با الگوریتم حداکثر احتمال در طبقه‌بندی نظارت شده و روش ماشین بردار پشتیبان در چهار کلاس کاربری شامل اراضی زراعی، مرتع، آبی و باغی و مسکونی صورت گرفت. الگوریتم حداکثر احتمال، فرض می‌کند که احتمال‌های برآورد برای همه طبقات برابر هستند و هیستوگرام باندهای ورودی جهت به دست آوردن یک خروجی دقیق، دارای توزیع نرمالی می‌باشند. این روش متوسط، واریانس‌ها و تغییرپذیری در ارزش‌های طیفی هر کلاس را به‌عنوان مجموعه‌ای از داده‌های زمینی به دست می‌آورد؛ بنابراین نیازمند داده‌های زمینی دقیق است. پس از این فرآیند، طبقه‌بندی‌های به دست آمده، در محیط ARCGIS 10.3 رقومی شدند تا نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه برای سال‌های مورد بررسی به دست آمد (شکل ۳). نتایج حاکی از تغییرات کاربری اراضی در سال‌های مختلف و تبدیل انواع کاربری‌ها می‌باشد (جدول ۲ و ۳) که بیشترین تغییرات برای کاربری‌های زراعی و مرتعی می‌باشد. برای استفاده از نقشه‌های پوشش زمین به دست آمده برای هر دوره ماتریس تبدیل وضعیت کلاس‌های پوشش زمین بین دو دوره زمانی محاسبه شده است. از نقشه پوشش سال ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱ ماتریس تبدیل وضعیت اول (جدول ۴) و از نقشه پوشش سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ ماتریس تبدیل وضعیت دوم (جدول ۵) محاسبه شده است. این ماتریس‌ها حاوی اطلاعات و تبدیل هر کلاس

به سایر کلاس‌ها می‌باشد. ماتریس مساحت انتقال نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌هایی است که از هر کلاس به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند.

بررسی تغییرات صورت گرفته ماتریس تبدیل وضعیت برای بازه‌های زمانی موردمطالعه تهیه شد و صحت طبقه‌بندی‌ها موردبررسی قرار گرفت.

ماتریس تبدیل وضعیت

جدول ۴- ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۶۶ (۲۰۰۲-۱۹۸۷) (مترمربع)

| کاربری اراضی | مسکونی | کشاورزی آبی و باغ | اراضی زراعی و دیم | مرتع |
|-------------------|--------|-------------------|-------------------|---------|
| مسکونی | ۸۷۰۹۲۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| کشاورزی آبی و باغ | ۰ | ۳۶۹۳۳۱ | ۶۱۲۹ | ۰ |
| اراضی زراعی و دیم | ۲۵۶۸۲ | ۳۶۷۲ | ۲۶۶۷۹۱ | ۶۵۸۴/۳۸ |
| مرتع | ۱۵۵۱۴۲ | ۱۷۱۲۰۴۰/۳۳ | ۲۴۸۴۰۸۵ | ۱۳۹۶۴۷ |

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست

با توجه به خروجی جدول شماره ۳ مشخص می‌شود که بیشترین تغییر باغات و زمین‌های کشاورزی آبی به سایر کاربری‌ها، مربوط به اراضی زراعی است و بیشترین تغییر اراضی زراعی به کاربری مرتع و بالعکس بیشترین تغییر مرتع به اراضی زراعی می‌باشد. در واقع در ماتریس احتمال انتقال مساحت، احتمال تغییر هر کلاس به سایر کلاس‌های موجود نشان داده می‌شود.

جدول ۵- ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۵ (مترمربع)

| کاربری اراضی | مسکونی | کشاورزی آبی و باغ | اراضی زراعی و دیم | مرتع |
|-------------------|---------|-------------------|-------------------|---------|
| مسکونی | ۹۱۰۸۵۹۲ | ۰ | ۰ | ۰ |
| کشاورزی آبی و باغ | ۰ | ۹۵۳۴۴۳ | ۲۸۵۳ | ۰ |
| اراضی زراعی و دیم | ۰ | ۱۷۲۵ | ۲۵۴۹۱۵۶ | ۱۹۳۸۲ |
| مرتع | ۰ | ۳۵۲۶۷ | ۳۸۰۰۵۵۰۳ | ۳۶۷۰۲۵۷ |

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست

با توجه به خروجی جدول شماره ۴ مشخص می‌شود که بیشترین تغییر مربوط به تبدیل اراضی مرتعی به اراضی زراعی و دیم می‌باشد.

۴-۱- بررسی صحت طبقه‌بندی

یافته‌های مربوط به صحت طبقه‌بندی برای تصاویر زمان‌های مختلف مطابق جدول ۱ می‌باشد. بر اساس این جدول در هر دو تصویر میزان صحت کلی از میزان ضریب کاپا بیشتر است. از طرف دیگر میزان ضرایب به دست آمده بیانگر این است که تصاویر ماهواره با دقت قابل قبول قادر به تهیه نقشه‌های کاربری اراضی است. بالاتر بودن میزان ضریب صحت کلی نسبت به ضریب کاپا به ماهیت محاسبه ضرایب فوق مربوط است (فاطمی ۲۰۰۵). معمولاً صحت کلی یک برآوردگر خوش‌بینانه است و بالاتر از مقدار واقعی به دست می‌آید درحالی‌که ضریب کاپا میزان دقت را نسبت به یک طبقه‌بندی تصادفی محاسبه می‌نماید (لئو و ماسون، ۲۰۰۹، ۲۸۰). شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} * 100$$

رابطه (۱)

 P_0 = درستی مشاهده شده P_c = توافق مورد انتظار

جدول ۶- نتایج کلی دقت طبقه‌بندی تصاویر

| سال | تصویر | صحت کلی % | ضریب کاپا |
|------|------------------|-----------|-----------|
| ۱۹۸۷ | TM | ۹۱/۳۸ | ٪۸۸ |
| ۲۰۰۲ | ETM ⁺ | ۸۵/۴۲ | ٪۷۶ |
| ۲۰۱۵ | ETM ⁺ | ۸۹/۶۵ | ٪۸۷ |

(مأخذ: نویسندگان)

این مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی بالای ۸۰ درصد نشان‌دهنده این است که به‌طور کلی توافق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد (طاهری و همکاران ۱۳۹۷).

جدول ۷- میزان دقت و ضریب کاپا در روش‌های SVM و MLC با تعداد باندهای مختلف حاصل از تصویر

لندست ۸

| ۸ باند لندست ۸ و شاخص‌های تولید کننده | | ۸ باند لندست ۸ | | ۳ باند با کمترین همبستگی | | باند / دقت |
|---------------------------------------|------|----------------|------|--------------------------|------|------------|
| SVM | MLC | SVM | MLC | SVM | MLC | نوع روش |
| | ٪۸۱ | | ٪۷۹ | | ٪۷۲ | صحت کلی |
| | ۰/۷۸ | | ۰/۷۲ | | ۰/۹۱ | شاخص کاپا |

(مأخذ: نویسندگان)

مناسب‌ترین نتیجه (جدول ۷) به عبارتی تعداد باندهای مناسب در روش SVM کرنل چندجمله‌ای درجه ۵، ۸ باند لندست ۸ و شاخص‌های تولید کننده می‌باشد و در روش MLC با سه باند کمتر همبسته بالاترین نتیجه و بالاترین درصد دقت را دارد. با استفاده از جدول (۷) و نتایج به دست آمده از الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصویر ETM⁺ با ۸ باند این تصویر با استفاده از الگوریتم SVM درجه ۵ مورد طبقه‌بندی قرار گرفت و نتایج از درصد صحت بالایی برخوردارند. از بررسی جدول ۷ می‌توان چنین نتیجه گرفت که تعداد باندهای بیشتر در روش SVM کارایی بیشتری نسبت به روش MLC در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای دارد و تفکیک کلاس‌هایی که دارای رفتار طیفی مشابه هستند راحت‌تر می‌باشد.

پس از استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی از تصاویر لندست، و ادغام این دو نقشه با یکدیگر، روند تغییرات کاربری اراضی برای سه دوره زمانی ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲، ۱۹۸۷ در حوضه مورد مطالعه طی دوره ۲۸ ساله مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مساحت انواع کاربری‌ها در جدول ۳ و ۲ آورده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد بیشترین و کمترین تغییرات در بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۵ به ترتیب مربوط کاربری اراضی زراعی و مسکونی می‌باشد. تغییر کاربری اراضی به‌عنوان عاملی پایه در تغییرات زیست‌محیطی عمل کرده و به یک خطر جهانی تبدیل شده است. بازبینی این تغییرات از طریق تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌بینی و ارزیابی پتانسیل آن‌ها از طریق مدل‌سازی می‌تواند به برنامه ریزان منابع طبیعی برای تصمیمات آگاهانه‌تر کمک کند. داشتن آمار و اطلاعات به هنگام از کاربری‌ها موجود، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است.

۵- نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق حاضر حاکی از آن است که داده‌های حاصل از سنجش‌ازدور و تفسیر رقومی به همراه نمونه‌برداری تعلیمی اطلاعات بسیار خوبی در اختیار کاربران قرار می‌دهد. با توجه به اینکه هدف از پژوهش مقایسه دو الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال می‌باشد، لذا در روش ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی از کرنل چندجمله‌ای با درجه ۵ به دلیل دقت بیشتر آن نسبت به دیگر درجه‌ها استفاده گردید (اندریانی، ۱۳۹۳، ۱۰۳). در این پژوهش تغییرات پوشش زمین در کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی آبی و مناطق مسکونی، زمین‌های زراعی دیم و مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۶ با الگوریتم حداکثر مشابهت و ماشین بردار پشتیبان استخراج شد. انتقال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۶۶ مربوط به اراضی زراعی، مرتع، باغات و زمین‌های کشاورزی آبی و مناطق مسکونی است و مشخص شد که مساحت اراضی زراعی در سال ۱۳۸۱ به نسبت سال ۱۳۶۶ افزایش داشته، اما در سال ۱۳۹۵ کاهش چشمگیری داشته است. مساحت مناطق مسکونی در طی سال‌های ذکرشده تغییر چشمگیری نداشته و بیشترین افزایش از سال ۱۳۶۶ به ۱۳۸۱ بوده به طوری که در سال ۱۳۸۱ با ۹۱۰/۸۵۹۲ هکتار به بیشترین حد ممکن افزایش یافته است.

اراضی مرتعی نیز روند نزولی را در بازه زمانی ۱۳۸۱-۱۳۶۶ طی کرده است و مساحت آن هر سال به نسبت سال بعد کاهش یافته است ولی مساحت مراتع در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۱ روند صعودی را طی کرده است. با توجه به خروجی نقشه‌ها در سه بازه زمانی ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ مشخص شد که بیشترین تغییرات کاربری مربوط به اراضی زراعی دیم و مرتع بوده است که نتیجه آن باعث از بین رفتن خاک و افزایش تخریب مراتع شده است. همچنین صحت طبقه‌بندی روش‌های SVM و MLC با استفاده از ۸ باند تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ به ترتیب با دقت کلی ۸۱٪ و ۹۰٪ و ضریب کاپای ۰/۷۸ و ۰/۸۸ به دست آمد؛ بنابراین نتایج به دست آمده از این پژوهش با یافته‌های پژوهشگرانی چون رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۵)، نیتز و همکاران (۲۰۱۲) و اندریانی (۱۳۹۳) مبنی بر اینکه روش جدید SVM نسبت به روش‌های قدیمی‌تر از جمله MLC از دقت بالاتری برخوردار است مورد تأیید می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره‌ای از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی زراعی و تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه و تعیین سطح زیر کشت با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار است که با نتایج طاهری و همکاران (۱۳۹۷)، خدابنده لو و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. همچنین داده‌های ماهواره‌ای این قابلیت را دارا هستند که با صرف کمترین انرژی و هزینه در مقیاس‌های وسیع، نوع و سطح پوشش و کاربری‌های مختلف را با دقت بالا به منظور بررسی تأثیر پارامترهای مدیریتی در یک سال خاص و یا سال‌های مختلف استخراج کنند. با توجه به اینکه، استفاده نامناسب از زمین‌های موجود و تغییرات کاربری در سال‌های اخیر و از میان رفتن باغات و زمین‌های کشاورزی و مراتع که خود به ایجاد مشکل در توسعه هماهنگ و پایدار و بروز تأثیرات منفی بر کیفیت زندگی تبدیل شده است، این امر ضرورت دارد که برای جلوگیری از تغییرات کاربری و تخریب محیط‌زیست، به خصوص در سال‌های اخیر تدبیری اندیشیده شود و در حفظ منابع طبیعی و محیط‌زیست اهتمام لازم به عمل آید.

کتابنامه

اخوان قالیباف، محمد؛ علی پور، حمید، قلیوف، الوست؛ کورنوا، ماریا؛ مختاری، محمدحسین؛ ۱۳۹۸. بررسی تغییرات مساحت پوشش زمین و کاربری حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر MODIS. هیدروژئومورفولوژی. شماره ۱۸. ۹۷-۱۱۳.

اندریانی، صغری؛ ۱۳۹۳. کاربرد تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بررسی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر دبی رودخانه (مطالعه موردی: صوفی چای). استاد راهنما دکتر محمدحسینی رضایی مقدم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی. دانشگاه تبریز.

خدابنده لو، بهروز؛ خاوربان نهزک، حسن؛ قربانی، اردوان؛ ۱۳۹۸. آشکارسازی تغییرات کاربری / پوشش اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی گرای تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: حوزه آبریز قره سو استان اردبیل). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. شماره ۳. ۷۶-۹۲.

ربیعی، حمیدرضا؛ علی محمدی، عباس؛ ضیائی، پرویز؛ ۱۳۸۴. کشف و ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*. ۴ سال چهارم. شماره ۴۳. ۵۴-۴۱.

رضایی مقدم، محمدحسین، اندریانی، صغری، ولی زاده کامران، خلیل، الماس پور، فرهاد؛ ۱۳۹۵. تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری و پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی، حوضه صوفی چای مراغه). *فضای جغرافیایی*. شماره ۵۵. ۸۵-۶۵.

سپهری، علیرضا؛ جمالی، علی‌اکبر؛ حسن‌زاده، محمد؛ ۱۳۹۸. تحلیل و مقایسه تغییرات کاربری / پوشش اراضی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی اراضی تفت و مهریز). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. شماره ۴. ۹۰-۱۰۵.

سلمانی، حسن؛ محسنی ساروی، محسن؛ روحانی، حامد؛ سلجقه، علی؛ ۱۳۹۱. ارزیابی تغییر کاربری و تأثیر آن روی رژیم هیدرولوژیکی در حوضه آبخیز قزاقلی استان گلستان، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. شماره ۶. ۴۳-۶۰.

صالحی، ناهید؛ اختصاصی، محمدرضا؛ طالبی، علی؛ ۱۳۹۸. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف *CA-MARKOV* (مطالعه موردی: حوزه آبخیز صفارود رامسر). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. شماره ۱. ۱۰۶-۱۲۰.

طاهری، فروزان؛ رهنما، محمدرحیم؛ خوارزمی، امیدعلی؛ خاکپور، براتعلی؛ ۱۳۹۷. بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه شهر شانندیز طی سال‌های (۱۳۹۴-۱۳۷۹). *جغرافیا و توسعه*. شماره ۵۰. ۱۲۷-۱۴۲.

فاطمی، سید باقر؛ رضایی، یوسف؛ ۱۳۸۹. *مبانی سنجش‌ازدور*. انتشارات آزاده.

نظری سامانی، علی‌اکبر؛ قربانی، مهدی؛ کوهبانی، حمیدرضا؛ ۱۳۸۹. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان در دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰. مرتع. شماره ۳. ۴۴۲-۴۵۱.

Awotwi, A., 2009. Detection of land use and land cover change in Accra, Ghana, between 1985 and 2003 using Landsat imagery. M. Sc. Thesis, Division of Geoinformatics Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.

Conway, T.M. and Lathrop R.G.Jr., 2005. Modeling the ecological consequences of landuse policies in an urbanizing region. *Environmental Management* 35: 278-291.

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: 1461-1468.

- Foody, M. G. Mathur, A., 2004. A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machines, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 42: 1335-1343.
- Gumeh, Z., 2012. Monitoring land use changes in Karaj and its association to landscape profiles, M. Sc. thesis, University of Shahid Chamran, Ahvaz.
- Knorn, J.A. Rabe, C.V. Radeloff, T. Kuemmerle, J. Kozak and Hostert, P., 2009. Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sens. Environ* 113: 957-964.
- Kolios, S. Stylios, C. D., 2013. Identification of land cover land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data, *Applied Geography* 40: 150-160.
- Koomen, E. Stillwell, J. Bakema, A. and Scholten, H.J., 2007. *Modeling Land-Use Change, Progress and Applications*. Springer, Dordrecht, the Netherlands.
- Lefsky, M. A. Cohen, W. B., 2003. Selection of remotely sensed data, In: Wulder, M. A. Franklin, S. E. editors, *Remote sensing of forest environments: Concepts and case studies*, Kluwer Academic Publishers, Boston: USA.
- Liu, J.G. & P. M. Mason., 2009. *Essential image processing and Gis for Remote Sensing*, WileyBlackwell publications.
- Lu, D. Mausel, P. Brondi, Zio, E. Moran, E., 2004. Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing* 25: 2365-2407.
- Nitze, A. Schulthess, B. Asche, H., 2012. Comparison of machine Learning algorithms random forest, artificial neural network and support vector Machine to maximum Likelihood for supervised crop type classification, *Proceedings of the 4th Gambia, Rio de Janeiro Brazil*, 35-40.
- Radke, R. J. Andra, S. O. Kofahi, Al. Roysam, B., 2005. Image change detection algorithms: a systematic survey, *IEEE Transactions on Image Processing*, 14: 294-287.
- Shalkoff, R. J., 1997. *Artificial Neural Networks*, McGraw-Hill Companies Pub, New yourk.
- Singh, A., 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data, *Remote Sensing, Review article* 10: 989-1003.
- Srivastava, P. K. Han. D. Rico-Ramirez, M. A. Bray, M. Islam, T., 2012. Selection of classification techniques for land use land cover change investigation, *Advances in Space Research* 50: 1250-1265.
- Stehman, S. V., 2004. A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 6. 743-751.
- Theau, J., 2006. Detection of changes using remote sensing: an overview of principles and applications. *Geo-Spatial and Range Sciences Conference*. Idaho State Univ. Pocatello, ID, USA.
- Torrens, P.M. and Osullivan, D., 2001. Cellular automata and urban simulation: where do we go from here? *Environment and Planning B* 28: 163-168.
- Vapnik, V. N., 1999. *The nature of statistical Learning theory*, Second Edition, New York: Springer-Verlag.
- Yu, L. Porwal, A. Holden, E. Dentith, M.C., 2012. Towards automatic lithological classification from remote sensing data using support vector machines, *Computers & Geosciences* 45: 229-239.