

طبقه‌بندی و تحلیل کاربری اراضی حوضه طارم با استفاده از روش‌های مبتنی بر پیکسل^۱

سید بهروز حسینی^۱، علی صارمی^{۲*}، محمد حسین نوری قیداری^۳، حسین صدقی^۴، علیرضا فیروزفر^۵ و جعفر نیکبخت^۶

(۱) دانشجوی دکتری رشته مهندسی منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

(۲) استادیار رشته تحصیلی مهندسی منابع آب دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: ali.saremi.srbiau@gmail.com

(۳) استادیار رشته مدیریت منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان، زنجان، ایران.

(۴) رشته مهندسی منابع آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

(۵) استادیار عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

(۶) استادیار آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۰

چکیده

مدیریت جامع یک حوضه آبخیز، نیازمند اطلاعات پایه مانند آرایش و نوع پوشش اراضی می‌باشد. هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی دقت تفکیک انواع کاربری اراضی در منطقه طارم (در محدوده مشترک استان‌های زنجان، گیلان، اردبیل و آذربایجان شرقی) و با استفاده از تصویر ماهواره لندست ۸ برای تاریخ ۱۷ مرداد سال ۱۳۹۶ (۸ اوت ۲۰۱۷) بود. باندهای RGB (قرمز، سبز و آبی) و NIR (مادون قرمز نزدیک) برای اجرای الگوریتم‌های طبقه‌بندی و مقایسه نتایج با نمونه‌های زمینی مورد استفاده قرار گرفت. پس از اجرای پیش‌پردازش‌ها و بررسی زمین‌مرج بودن تصاویر، تصحیحات اتمسفری با الگوریتم فلاش (FLAASH) انجام شد. در ادامه، از سه روش طبقه‌بندی نظارت شده (مبتنی بر پیکسل) حداکثر احتمال (MLC)، ماشین پشتیبان‌بردار (SVM) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، برای تفکیک و تولید نقشه کاربری اراضی استفاده شد. صحت نتایج تولید شده بر اساس آماره‌های ضریب کاپا و دقت کلی سنجیده شد و روش حداکثر احتمال، به‌ترتیب با ۰/۸۸ و ۹۱/۵۵ درصد، به‌عنوان روش برتر انتخاب گردید. نتایج به‌دست آمده نشان داد که تصویر سنجنده OLI لندست ۸، می‌تواند برای تفکیک کلاس‌های پهنه آبی، برون‌زدگی سنگی و کوهستانی، پوشش خاکی و اراضی یابری، زراعت و محدوده‌های باغی، در مناطق کوهستانی مانند طارم (که تغییرات ارتفاعی در آن بین ۲۸۰ تا ۳۰۰۰ متر است) و پوشش گیاهی بسیار متنوع، نتایج مطلوبی داشته باشد. قابل‌ذکر است که در بین این سه الگوریتم طبقه‌بندی، روش MLC، دارای سرعت بالاتر و پیچیدگی کم‌تری در مراحل اجرا، نسبت به دو روش دیگر برای اجرای الگوریتم و دست‌یابی به نقشه‌های مورد نیاز است.

کلید واژه‌ها: حوضه طارم؛ روش حداکثر درست‌نمایی؛ طبقه‌بندی نظارت‌شده؛ لندست ۸

مقدمه

(Hersperger and Buerger, 2007). بررسی این تغییرات با استفاده از داده‌های و بر اساس مولفه‌های زیست‌محیطی و اکوسیستم انجام می‌شود (Hansen et al., 2014). امروزه فناوری سنجش از دور، به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای جمع‌آوری داده‌های فضایی (مکانی)، نظارت بر تغییرات زمینی (که در طی زمان صورت گرفته) و مدیریت پایدار منابع طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است (Van et al., 2017; Cetin, 2009). زیرا تصاویر ماهواره‌ای به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند سطح پوشش وسیع، قابلیت تکرار (در طی زمان)، چند طیفی بودن و هم‌چنین، قابلیت به‌هنگام شدن مداوم، توسط محققین مختلف در تولید نقشه LULC و پایش کاربری‌های مختلف مانند شهری، صنعتی، زراعی و غیره، مورد استفاده واقع شده است (Turner, 2002; Turner et al., 2001). علوی‌پناه و همکاران (۱۳۷۵) جهت تهیه نقشه کاربری اراضی در منطقه کوهستانی موک در استان فارس با کمک داده‌های رقومی سنجنده TM ماهواره Landsat و سیستم اطلاعات جغرافیایی، از روش حداکثر مشابهت^۲ برای تولید نقشه LULC استفاده نمودند که میزان صحت کلی نقشه ایجاد شده ۹۱/۷ درصد بود. فیضی‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از تصاویر لندست ۷، نقشه کاربری اراضی شهرستان ملکان در استان آذربایجان شرقی را با استفاده از الگوریتم MLC استخراج کرده و نتیجه گرفتند که این روش قابلیت طبقه‌بندی پوشش کاربری اراضی را دارد. ماهینی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از تصویر سال ۲۰۰۱ ماهواره لندست، به طبقه‌بندی مناطق جنگلی استان گلستان، روش MLC را برای این منظور مناسب تشخیص دادند. تقوی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۵) به مقایسه دو روش MLC و شبکه عصبی مصنوعی^۳ (ANN) به ارزیابی تغییرات سطح جنگل‌های حراء در منطقه حفاظت شده گاندو استان سیستان و بلوچستان، با استفاده از تصاویر

کاربری اراضی، به روش‌ها و اهداف انسان در استفاده از زمین‌هایی با کاربری مختلف و منابع موجود در آن‌ها اطلاق می‌گردد. با توجه به این موضوع، می‌توان به‌وضوح درک نمود که محیط زندگی انسان‌ها به‌صورت روزانه، دست‌خوش تغییرات در نوع کاربری اراضی و پوشش گیاهی (Land Use- Land Cover) و به اختصار، LULC) است. با توجه به ثابت بودن مساحت زمین، برای هرگونه تغییر در کاربری‌های اراضی مختلف، رقابت وجود دارد (Young, 1998). در سال‌های اخیر رشد جمعیت و افزایش نیازهای اجتماعی- اقتصادی، منجر به فشار بیش از حد و تغییرات غیرقابل کنترل در پوشش و کاربری اراضی، شده است (Seto et al., 2002). این شرایط باعث تخریب چشم‌اندازهای طبیعی^۱ (Kreuter et al., 2001)، از بین رفتن منابع ژنتیکی و چرخه مواد غذایی (Li et al., 2007; Zhao et al., 2003)، عدم کنترل فرسایش و تغییر در ویژگی‌های آب و هوایی (Portela and Rademacher, 2001) و هم‌چنین، از دسترس خارج شدن آب و از بین رفتن حاصل‌خیزی خاک (Temesgen et al., 2013) می‌گردد. تخمین زده می‌شود که پوشش ۵۰ درصد از سطح زمین‌های فاقد یخ و برف، تحت تأثیر فعالیت‌های بشری قرار گرفته دارد (Vitousek et al., 1997). هم‌چنین، ۱۰ تا ۵۵ درصد حاصل‌خیزی خالص اولیه خاک، توسط فعالیت‌های بشری تخریب شده است (Rojstaczer et al., 2001).

نتایج مطالعات محققین، بیان‌گر تأثیر مستقیم تغییر در کاربری اراضی در مقیاس وسیع بر تغییرات آب و هوایی و چرخه هیدرولوژیک منطقه و حوضه می‌باشد (Fohrer et al., 2000; Bhaduri et al., 2000; Hutjes, 1998). قابل ذکر است که نیروی محرک در تغییر کاربری اراضی، سیاست، اقتصاد، فرهنگ، تکنولوژی و عوامل طبیعی است

² Maximum Likelihood Classification (MLC)

³ Artificial Neural Network

¹ Entertaining Scenes

پیکسل (Pixel-Based)، پوشش زمین و کاربری آن را با استفاده از داده‌های Landsat-8 و Sentinel-2 در منطقه زونگولداک^۵ ترکیه مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که Sentinel-2 تصاویر LULC رضایت بخش‌تری را نسبت به داده‌های OLI Landsat-8 ایجاد می‌کند اما بخش‌هایی که پوشش آبی داشتند، توسط لندست ۸، با دقت بهتری تفکیک شده بود. Akyürek و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی LULC در محدوده فرودگاه شهر استانبول در ترکیه پرداختند. آنها از تصاویر ماهواره لندست ۸ و Sentinel-2، نتایج بررسی آنها نشان داد که در هر دو تصویر، روش M می‌تواند با ضریب کاپای بالای ۹۰ درصد، خروجی‌های مطلوبی را تولید نماید.

هدف از پژوهش حاضر، تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و مساحت هر نوع از کاربری‌ها در منطقه طارم (استان زنجان) و با کمک داده‌های OLI لندست ۸ می‌باشد. بررسی منابع موجود و مطالعات انجام شده در زمینه تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی، نشان داد که محققین، به استفاده از یک الگوریتم تفکیک پیکسل‌ها اکتفا نموده و از مقایسه روش‌های مختلف به‌منظور تعیین توانایی تفکیک آنها، پرهیز نموده‌اند لذا در این پژوهش، به مقایسه نتایج چندین روش مرسوم پرداخته شد. قابل ذکر است که ماهیت و کیفیت تصاویر ماهواره‌ای دریافتی در مناطقی با ارتفاع و ویژگی‌های جوی مختلف، بایکدیگر متفاوت می‌باشد. لذا برای تهیه نقشه‌هایی با دقت و قدرت تفکیک بیشتر، باید الگوریتم‌های مختلف کلاس‌بندی پیکسل‌ها، مورد بررسی گیرد و ضمن مقایسه نتایج روش‌های مختلف، مناسب‌ترین روش آشکارسازی برای منطقه مطالعاتی مورد نظر، انتخاب گردد. به‌همین منظور، در تحقیق حاضر تلاش شد علاوه بر استفاده از روش کلاس‌بندی رایج MLC، از الگوریتم‌های نظارت‌شده آماری و غیرپارامتریک ANN و SVM، استفاده شود.

لندست پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که نقشه حاصل از اجرای الگوریتم ANN و MLC به‌ترتیب دارای صحت کلی ۹۸/۳۲ و ۹۲/۴۵ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۷ و ۰/۹۰ بود که نتیجه مشابهی توسط Duarte و همکاران (۲۰۱۶) در تفکیک جنگل‌ها گزارش شده است. طاهری و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی منطقه شاندیز در خراسان رضوی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۴ پرداختند و مساحت کاربری‌های مختلف را با الگوریتم MLC (با دقت بالا تر از ۸۰ درصد) تعیین و الگوی کاربری اراضی را برای افق ۱۴۰۰، پیش‌بینی نمودند. Manandhar و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از روش پس‌پردازش^۱ تصاویر ماهواره‌ای، برای تصاویر لندست سال‌های ۱۹۸۵، ۱۹۹۵ و ۲۰۰۵، بیان نمودند که روش MLC، می‌تواند با دقت و سرعت مناسبی، طبقه‌های مختلف کاربری اراضی را تفکیک نماید. Akar و Güngör (۲۰۱۲) از الگوریتم تصادفی جنگل^۲، برای کلاس‌بندی تصاویر استفاده نمودند سپس نتایج حاصل از این الگوریتم را با نتایج الگوریتم‌هایی مانند ماشین پشتیبان بردار^۳ (SVM) و MLC، مقایسه نمودند. Hu و همکاران (۲۰۱۶) برای تهیه نقشه‌های محدوده شهری بیجینگ^۴ در کشور چین، از تصاویر لندست ۸ استفاده نمودند. آنها با کمک نمونه‌های زمینی، با روش نظارت شده، نقشه‌های کاربری اراضی را با دقت ۸۱ درصد تهیه نمودند. تجزیه و تحلیل روند تغییرات LULC و ارزیابی تأثیر این تغییرات بر تغذیه آب زیرزمینی توسط Zomlot و همکاران (۲۰۱۷) مطالعه شد. نتایج آنها نشان داد که مقیاس تحلیل و تجزیه هیدرولوژیکی نقش مهمی در برآورد تغذیه آب‌های زیرزمینی دارد. Sekertekin و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی بر پایه

¹ Post Classification

² Random Forest (RF)

³ Support Vector Machine

⁴ Beijing

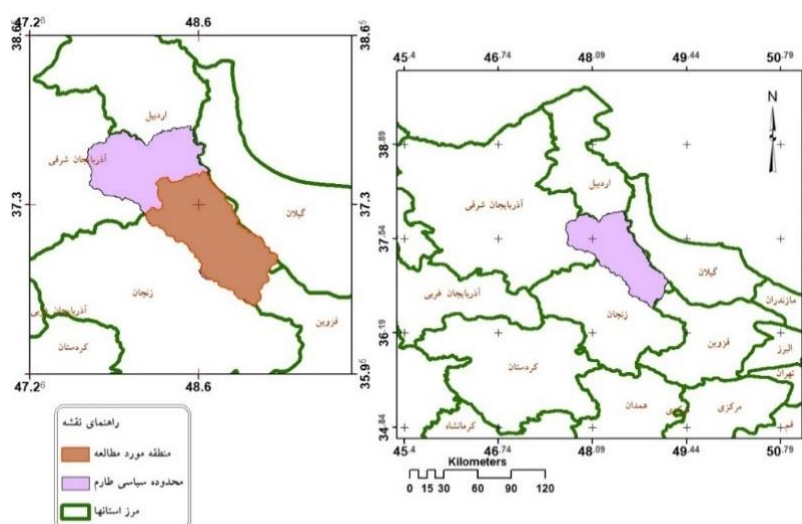
⁵ Zonguldak

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه طارم در محدوده شمال استان زنجان، جنوب استان اردبیل، غرب استان گیلان و شرق استان آذربایجان شرقی واقع شده است (شکل ۱). گستره محدوده مطالعاتی در این تحقیق، مساحتی به وسعت ۵۲۲۲ کیلومتر مربع، بین عرض‌های جغرافیایی ۱۹' ۴۸° تا ۲۴' ۴۹° شمالی و طول‌های جغرافیایی ۶۳' ۴۸° تا ۰۹' ۴۹° شرقی می‌باشد. رقم ارتفاعی منطقه از ۲۸۰ تا ۳۰۰۰

متر بالاتر از سطح دریا متغیر است. آب و هوای معتدل با دمای متوسط سالانه ۱۲/۰۵ درجه سانتی‌گراد و بارش سالانه ۳۵۷ میلی‌متر، از ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه است. قابل ذکر است که مقدار متوسط دمای سالانه، بر اساس میانگین‌گیری از داده‌های بلند مدت دوره زمانی ۱۳۴۵ الی ۱۳۹۵ برای دو ایستگاه هواشناسی که یکی در ارتفاعات (ایستگاه مزرعه در نزدیکی سد شهریار) و دیگری در مناطق مرکزی و پست طارم (ایستگاه درام) قرار دارد محاسبه شد.



شکل ۱. موقعیت منطقه طارم-زنجان و گستره مورد مطالعه در روی نقشه ایران

پتانسیل مناسب و در حدود ۱۰/۱۲ درصد، پتانسیل درجه دو را برای توسعه شهری و روستایی دارد (Badroghnezhad et al., 2017). بنابراین، بسیار مهم است که نقشه‌های LULC منطقه، تهیه شده و به‌صورت مداوم مورد پایش قرار گیرد. در پژوهش حاضر داده‌های ماهواره لندست ۸ که توسط سنجنده OLI در مسیر ۱۶۶ و ردیف‌های ۳۴ و ۳۵ و در تاریخ ۸ اوت ۲۰۱۷ (۱۷ مرداد سال ۱۳۹۶) ثبت شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. دلیل انتخاب تاریخ فوق، بیش‌ترین سبزیگی گیاهان و

به سبب شرایط مساعد آب و هوایی و نیز عبور رودخانه قزل‌اوزن از این دره، بسیاری از مناطق شیب‌دار و مرتفع ناحیه طارم که در گذشته بایر بوده یا به‌عنوان مرتع مورد استفاده قرار می‌گرفت، به‌واسطه برداشت و انتقال آب از رودخانه قزل‌اوزن با تغییر کاربری مواجه شده و عمدتاً به باغ زیتون یا انار و در مواردی به زمین زراعی تبدیل شده است. بر اساس آمار موجود، طی سالیان گذشته در ۱۲۶۰۰ هکتار از اراضی منطقه طارم درخت زیتون کشت شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷). در این منطقه در طول سال، گیاهانی مانند سیر، کرفس و سیب‌زمینی در زمین‌های کشاورزی کشت می‌گردد. ارزیابی امکان توسعه شهری و روستایی حوضه طارم نشان می‌دهد که حدود ۱۴/۳۶ درصد از کل منطقه،

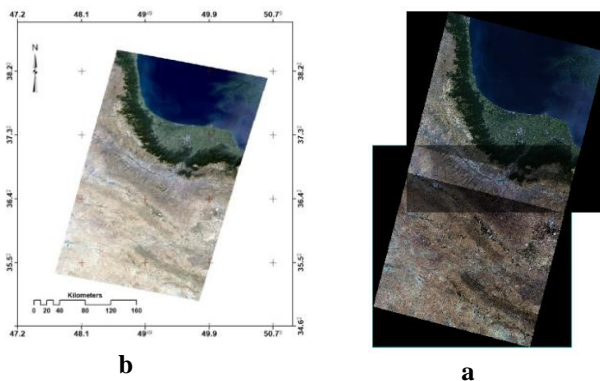
۱. این تصاویر از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات

متحده (USGS) به آدرس

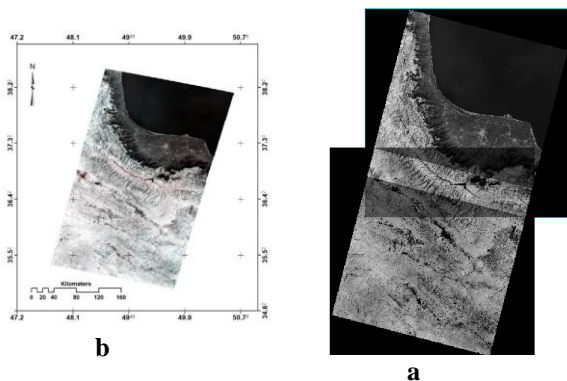
<http://earthexplorer.usgs.gov> تهیه شد.

موزاییک کردن^۴ تصاویر

این عمل، فن ترکیب تصاویر چندگانه و تبدیل آن به یک تصویر ترکیبی است. طبق توضیحات نرم‌افزار ENVI، این روش می‌تواند برای ترکیب تصاویر مبتنی بر پیکسل که زمین مرجع شده‌اند، به یک تصویر با دید وسیع‌تر که منطقه جغرافیایی بزرگ‌تری را پوشش می‌دهد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (EXELIS, 2013). در این تحقیق از ابزار موزاییک بدون درز^۵ برای ترکیب باندهای نوری (شکل ۲) و حرارتی (شکل ۳) در دو تصویر دریافتی استفاده شد.



شکل ۲. تصویر باند نوری قبل (a) و بعد از موزاییک (b)



شکل ۳. تصویر باند حرارتی قبل (a) و بعد از موزاییک

(b)

برای داده‌های موزاییک شده لندست ۸ باندهای نوری و باند حرارتی (۱۰/۹ میکرومتر) با یکدیگر ترکیب شده و سپس بر اساس مرزهای محدوده مورد مطالعه، تصویر حاصل در مرحله قبل برش داده شده و به‌عنوان تصویر نهایی برای انجام ادامه پژوهش انتخاب شد (شکل ۴).

درختان موجود و برداشت محصولاتی مانند زیتون در منطقه مورد مطالعه در این زمان بود. در فرایند طبقه‌بندی، از میان داده‌های دانلود شده، باندهای رایج قرمز (R)، سبز (G)، آبی (B) و مادون قرمز نزدیک استفاده شد. مقادیر طیفی و قدرت تفکیک مکانی (GSD) باندهای موجود در تصاویر لندست ۸، در منابع مختلفی ارائه شده است (Sekertekin et al., 2017). این ماهواره که در اصل LDCM^۱ نامیده می‌شود، محصول همکاری بین ناسا و سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده است. داده‌های لندست ۸ با کمک دو سنجنده تصویربردار عملیاتی زمین (OLI^۲) و سنجنده مادون قرمز حرارتی فراهم می‌گردد. این دو سنجنده به ترتیب، اطلاعات تصویری نه باند موج کوتاه و دو باند حرارتی را جمع‌آوری می‌کنند.

مراحل پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

هدف از پردازش تصاویر، امکان تبدیل فضای تصویر (بازتابش‌های ثبت‌شده از عوارض مختلف در باندهای مختلف) به فضای واقعی (نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی) می‌باشد (نجفیان و همکاران، ۱۳۹۲). قبل از فرآیند پردازش و طبقه‌بندی تصویر دریافتی و تهیه نقشه پوشش اراضی، لازم بود پیش‌پردازشی بر روی تصاویر صورت پذیرد. با توجه به این که باندهای قرمز، سبز و آبی (به اختصار RGB) و NIR دو مجموعه داده رایج در فرایند طبقه‌بندی هستند بنابراین، این چهار باند برای ادامه کار مورد استفاده قرار گرفت و باندهای تصاویر دریافتی، با یکدیگر ادغام شد. به سبب این که دو تصویر در ردیف‌های متفاوت، محدوده مورد مطالعه را تحت پوشش قرار می‌داد، در ابتدا، باندهای نوری^۳ دو تصویر مورد نظر با یکدیگر و سپس باند حرارتی دو تصویر ادغام (موزاییک) شدند. نهایتاً، تصویر مورد نظر حاصل شد.

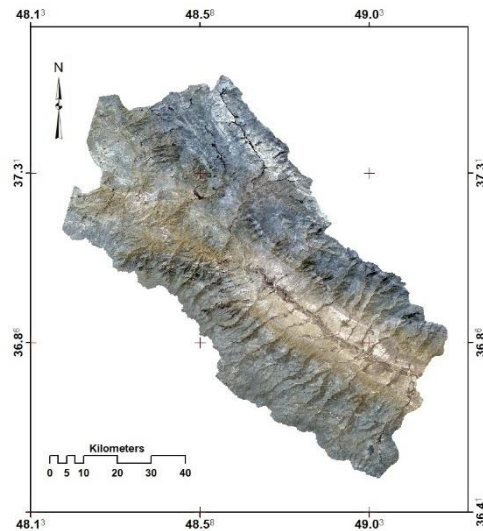
^۱ Landsat Data Continuity Mission

^۲ Operational Land Imager

^۳ Multispectral Bands

^۴ Mosaicking

^۵ Seamless Mosaic



شکل ۴. تصویر کاذب RGB منطقه مورد مطالعه پس از ترکیب و برش تصاویر

تصاویر دریافت شده از منبع مورد استفاده، به عنوان تصاویر سطح یک (L1) می‌باشد و این تصاویر، از لحاظ هندسی، زمین مرجع هستند. این موضوع با تطبیق چند نقطه از منطقه مورد مطالعه در این تحقیق با مختصات معلوم (مانند پل واصل بین دو منطقه قیطول و گیلوان) بر روی نقشه، مورد بررسی قرار گرفت. به عنوان مثال، شکل ۵، موقعیت پل در منطقه (در نقشه گوگل ارث) و در تصویر لندست را نشان می‌دهد. منحنی ترسیم شده در شکل ۵، محور رودخانه قزل‌اوزن به صورت فرضی می‌باشد.

در مرحله اول پیش‌پردازش داده‌های OLI، مقادیر رقومی هر پیکسل یا DNs، با استفاده از الگوریتم FLAASH موجود در نرم‌افزار ENVI-5.3 به مقادیر تابش دریافتی در موقعیت ماهواره تبدیل شدند (López-Serrano, et al., 2016). این الگوریتم، یک ماژول پیشرفته برای انجام تصحیحات اتمسفری می‌باشد که بر اساس الگوریتم انتقال موج MODTRAN4 توسط مجموعه علوم نوری (SSI) در ماساچوست آمریکا و تحت حمایت مرکز تحقیقات نیروی هوایی این کشور، گسترش یافته است (Anderson et al., 2002). بر اساس مطالعات Tatem و همکاران (۲۰۰۶) و Gutman و همکاران (۲۰۱۳)،

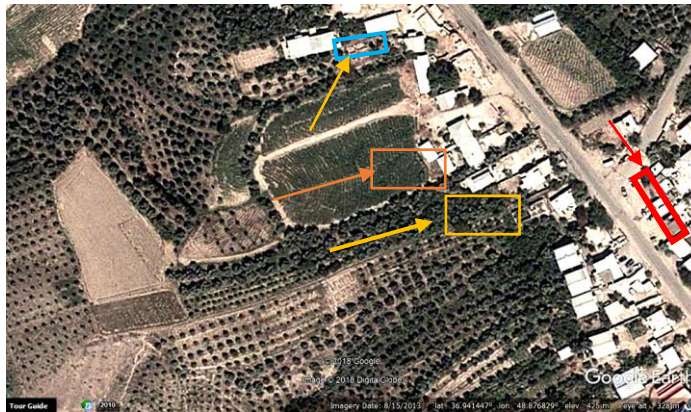


شکل ۵. مسیر رودخانه و محل پل واصل بین دو منطقه قیطول و گیلوان

بصری و دانش کارشناسی استفاده شد. در نهایت بر اساس ویژگی‌های سطح زمین و قدرت تفکیک تصاویر لندست

در مرحله بعدی پژوهش، کلاس‌های کاربری اراضی تعریف گردید. برای این منظور از مشاهده و کنترل

محققین مختلف است (Chen et al., 2011؛ Brandt et al., 2013). سعی شد نمونه‌های آموزشی جمع‌آوری شده به‌طور یکنواخت کل منطقه مورد مطالعه (دامنه‌ها و ارتفاع‌های مختلف) را پوشش دهد. شکل ۶، نمونه‌ای از تصویر گوگل ارث را در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که به خوبی می‌توان کاربری باغی، زراعی، ساختمان مسکونی و راه (خاک و آسفالت) را با دقت بالا تفکیک نمود.



شکل ۶. توانایی تصاویر گوگل ارث برای تهیه نمونه‌های آموزشی

۸ (۳۰ متر)، پنج کلاس مختلف برای کاربری اراضی انتخاب شد. پنج کلاس عمومی انتخابی برای LULC شامل پیکره آبی، رخنمون سنگی و کوه، زمین‌های لخت و بایر، اراضی باغی و زمین‌های کشاورزی (زراعی) بود. سپس جهت طبقه‌بندی هر دو تصویر برای هر کلاس LULC حداقل ۵۰۰ نمونه آموزشی (Training Sample) از طریق نقشه‌های گوگل با بزرگ‌نمایی بالا و بازدیدهای میدانی جمع‌آوری شد که روش توصیه شده توسط

که در ادامه، توضیح مختصری در مورد هر روش ارائه شده است.

روش MLC: این سیستم تفکیک پیکسل‌ها، در زمره روش‌های طبقه‌بندی پیکسل-پایه و آماری می‌باشد. یکی از شناخته‌شده‌ترین، پرکاربردترین و کاراترین الگوریتم‌ها در طبقه‌بندی تصاویر RS بوده و نسبت به سایر روش‌ها، از پیچیدگی کم‌تری برخوردار می‌باشد (تراهی و همکاران، ۱۳۹۶). در این روش کلاسی به پیکسل مورد نظر تعلق می‌گیرد که بیش‌ترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد (فاطمی، ۱۳۹۱). این روش پارامتریک کلاس‌بندی، از واریانس و کوواریانس داده‌ها برای تفکیک طبقات استفاده می‌کند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). برای انجام این روش، باید تمامی مراحل پیش‌پردازش بر روی تصاویر اولیه انجام شده و نمونه‌برداری از منطقه برای در اختیار بودن نمونه‌های

تعداد نمونه‌های آموزشی، عموماً وابسته به مقدار مساحت هر کدام از انواع کاربری و پوشش‌های سطح زمین و تفاوت در ویژگی‌های طیفی آن کلاس‌ها است. پس از جمع‌آوری داده‌های نمونه‌ای، بیش از نیمی از آنها برای طبقه‌بندی اراضی و بقیه داده‌ها، برای ارزیابی دقت کار استفاده شد. پس از تهیه نمونه‌های آموزشی و آزمایش، انتخاب روش مناسب پردازش تصویر، گام بعدی در تهیه نقشه‌های مورد نیاز است. در این مطالعه، از نرم‌افزار ENVI 5.3 برای پردازش تصویر استفاده شد. هم‌چنین، سه روش مرسوم حداکثر درست‌نمایی (MLC)، روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) برای انجام تفکیک تصویر به‌کار رفت. توضیحات جامع در زمینه نحوه کاربرد هر کدام از این روش‌ها، در مقاله Haykin (۱۹۹۴)، Cortes و Vapnik (۱۹۹۵) و Elhag و Boteva (۲۰۱۶) در دسترس می‌باشد

فضای چندبعدی قرار دارند، در یک مجموعه داده به صورت خطی از یکدیگر تفکیک می‌نماید. قابل ذکر است که هدف از اجرای این سیستم طبقه‌بندی، یافتن بیش‌ترین فاصله بین دو کلاس مورد مقایسه است که با این کار، دقت طبقه‌بندی، افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت (باقری و اسماعیلی، ۱۳۹۴). ویژگی اصلی این روش، نیاز به نمونه‌های آموزشی کم‌تر (نسبت به دو روش بیان شده پیشین) است.

ارزیابی دقت انجام کار

در فرایند طبقه‌بندی تصاویر، تا زمانی که دقت تصاویر تولید شده، تایید نشده باشد، نمی‌توان به نتایج آن اعتماد نمود. بنابراین، باید صحت تصاویر تولید شده مورد سنجش قرار گیرد. برای این منظور، آماره دقت کلی کلاس‌بندی^۱ و ضریب کاپا^۲، با استفاده از ماتریس مختلط^۳ محاسبه شد (Brandt et al., 2013). دقت کلی طبقه‌بندی، درصد سلول‌هایی را که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند، نشان می‌دهد. دقت کلی (رابطه ۱)، از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا (که توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود)، تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها به دست می‌آید. همان‌گونه که بیان شد، دقت کلی بیانگر میزان اعتبار طبقه‌بندی انجام شده است و در نقشه‌های کاربری استخراج شده از تصاویر ماهواره، توصیه شده است که این مقدار باید بالاتر از ۸۵ درصد باشد (Anderson et al., 1976).

$$OCA = \frac{1}{N} \sum P_{ij} \quad (1)$$

در رابطه فوق، N برابر با تعداد کل پیکسل‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی و P_{ij} نیز، مجموع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا است. ضریب کاپا نیز، مقیاس طبقه‌بندی تصحیح شده با شانس می‌باشد که توسط Rosenfield و Fitzpatrick-Lins (۱۹۸۶) توصیه شده است. شاخص k یا ضریب کاپا، در واقع معرف اختلاف بین توافق واقعی در داده‌های مرجع و یک طبقه‌بندی کننده خودکار و

تعلیمی، انجام شده باشد. سپس نمونه‌های تعلیمی، برای استفاده در روش MLC به نرم‌افزار معرفی شود (Tso and Mather, 2009).

روش ANN: شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوی مطلوبی برای طبقه‌بندی کاربری اراضی و پوشش گیاهی به شمار می‌آیند. این روش برای کلاس‌بندی انواع داده‌ها و مقیاس‌های آماری قابل استفاده است (Gahegan et al., 1999). شبکه‌های عصبی مصنوعی مختلفی برای طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی وجود دارد. شبکه پرسپترون چند لایه، معمول‌ترین شبکه برای طبقه‌بندی تصویر می‌باشد که معمولاً از یک لایه ورودی، یک (یا چند لایه پنهان) و یک لایه خروجی تشکیل شده است (شنانی هویزه و زارعی، ۱۳۹۵). در این مطالعه از شبکه عصبی از یک لایه پنهان و الگوریتم پس‌انتشار خطا، استفاده شد. نرون‌های ورودی برای طبقه‌بندی تصویر، همان باندهای تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای مرئی و دمایی) و تعداد نرون‌های خروجی برابر با کلاس‌های کاربری اراضی بود.

روش SVM: اخیراً تکنیک جدیدی بر اساس نظریه یادگیری آماری برای طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الگوریتم تفکیک، یک طبقه کننده دودویی است که توسط Vapnik (در سال ۱۹۹۹) معرفی شد. این روش طبقه‌بندی آماری و غیر پارامتریک، در مجموعه روش‌های نظارت‌شده قرار دارد (Vapnik, 1999; Dixon et al., 2008; Kavzoglu and Colkesen, 2009). در SVM با استفاده از یک الگوریتم بهینه‌سازی، نمونه‌هایی که مرزهای کلاس‌ها را تشکیل می‌دهند به دست می‌آیند (از طریق نمونه‌های تعلیمی) و با استفاده از آنها، یک مرز برای جدا کردن کلاس‌ها (طبقات کاربری اراضی مورد نظر) محاسبه می‌شود (نجفی و همکاران، ۱۳۹۶). الگوریتم SVM معادل یک شبکه عصبی پرسپترون دو لایه می‌باشد (Rao and Sharma, 2013) و داده‌های آموزشی را که به صورت غیرخطی در

¹ Overall Classification Accuracy

² Kappa Coefficient

³ Confusion matrix

جدول ۱. نتایج حاصل از صحت طبقه‌بندی تصاویر

ANN	SVM	MLC	آماره
۸۸/۲۴	۸۹/۴۵	۹۱/۵۵	دقت کل (درصد)
۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۸۸	ضریب کاپا (درصد)

با توجه به جدول ۲، می‌توان دریافت که روش MLC، بالاترین دقت را در تولید تصاویر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه داشت. بنابراین، این روش به‌عنوان مناسب‌ترین روش برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه، انتخاب شد. علوی‌پناه (۱۳۸۹) نیز اعلام نموده است که این روش پارامتریک، دارای دقت خوبی در تولید کلاس‌های کاربری اراضی می‌باشد و بنابر اظهار محمدی و احمدیان (۱۳۸۴) و مهدوی و همکاران (۱۳۹۶)، این روش، توانا در بررسی کاربری اراضی است. تصویر نهایی طبقه‌بندی شده کاربری اراضی منطقه طارم که از تصاویر لندست ۸ مشتق گردیده در شکل شماره ۷ ارائه شده است. بر اساس نقشه نهایی تهیه شده (شکل ۷) مساحت هر کدام از کلاس‌های کاربری اراضی منطقه طارم که در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.5 استخراج گردید (جدول ۲). قابل ذکر است که بخش مشخص شده در شکل، برای درک بهتر چگونگی تفکیک اراضی در بخش میانی منطقه مورد مطالعه (در نزدیکی شهرستان درام) زوم شده است. همان‌گونه که می‌توان مشاهده نمود، عموماً زراعت آبی در نزدیکی پهنه آبی (رودخانه قزل‌اوزن) انجام می‌شود و در هر منطقه‌ای که امکان زراعت نباشد (یا خاک مناسب برای درختکاری و احداث باغات زیتون و انار و ... موجود باشد)، با کمک سیستم‌های متحرک انتقال آب، آب مورد نیاز را از رودخانه به محل مورد نظر هدایت می‌کنند که بخش‌های حاوی پیکسل‌های سبز تیره در تصویر سمت چپ، از جمله این مناطق است.

همچنین، یک توافق بین داده‌های مرجع و طبقه‌بندی کننده تصادفی است که بر اساس رابطه ۲ تعریف می‌شود:

$$Kappa = \frac{p_0 - p_c}{1 - p_c} \times 100 \quad (2)$$

در رابطه فوق، P_0 صحت کلی و P_c توافق شانسی می‌باشد که از رابطه شماره ۳ محاسبه می‌شود:

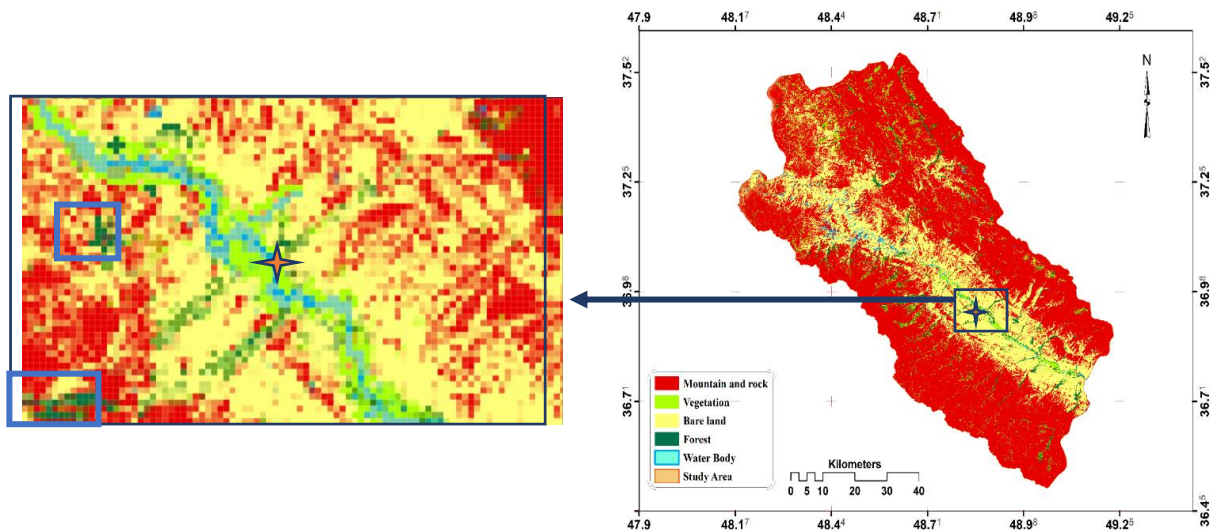
$$p_c = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^m p_{i0} \times p_i \quad (3)$$

در این رابطه نیز عبارت P_i نشان‌دهنده عناصر قطر اصلی و p_{i0} مجموع عناصر می‌باشد.

این استاندارد (یعنی استفاده هم‌زمان OCA و K)، به‌طور گسترده برای ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lillesand and Kiefer, 2000؛ Foody, 2002؛ Abd el-kawy؛ Bakr et al., 2010؛ Schmitt-Harsh, 2013؛ et al., 2011). سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده، ضریب کاپای در حدود ۸۵ درصد را به‌عنوان حداقل الزام برای تایید دقت طبقه‌بندی اراضی با داده‌های لندست اعلام کرده است (Anderson et al., 1976). فاکتورهای دیگری نیز وجود دارد که می‌توان با استفاده از آنها، میزان دقت را برای هر یک از کلاس‌ها به‌صورت جداگانه محاسبه نمود. پارامترهایی از جمله Commission و Omission در این گروه جای دارند. Omission اشاره به آن دسته از نمونه‌هایی دارد که در فرایند تفسیر نتیجه مورد استفاده قرار نگرفته است. خطای Commission نیز، اشاره به آن دسته از پیکسل‌هایی دارد که به اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند (Boschetti et al., 2004).

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج حاصل از صحت طبقه‌بندی تصاویر بر اساس سه روش مورد استفاده در این پژوهش (حداکثر درست‌نمایی، ماشین پشتیبان بردار و شبکه‌های عصبی مصنوعی) با آماره‌های دقت کلی و ضریب کاپا را نشان می‌دهد.



شکل ۷. نقشه LULC منطقه طارم بر اساس الگوریتم MLC

جدول ۲. مساحت کاربری اراضی در منطقه طارم در شهریور ۱۳۹۶

مساحت		کلاس
درصد	km ²	
۶۸/۴	۳۵۲۷	پهنه سنگی و کوهستانی
۴/۴	۲۲۵	پهنه زراعی
۲/۷	۱۴۱/۵	پهنه باغی و درخت
۱/۰	۵۳/۵	پیکره آبی
۲۳/۵	۱۲۱۲	زمین‌های بایر (و راه و خاک)

سنگی، به راه و اراضی مسکونی باشد. در تصویر پردازش شده، اراضی بدون پوشش گیاهی که محصول آنها در زمان تصویربرداری برداشت گردیده بود، در کلاس مربوط به اراضی بایر آورده شد. جهت تفکیک زمین‌های بایر واقعی از زمین‌هایی که محصول آنها برداشت شده است، می‌توان از تصاویر متوالی تهیه شده در ماه‌های مختلف سال استفاده نمود. در این پژوهش، راه‌های خاکی و شوسه، به سبب اینکه در آنها پوشش گیاهی نداریم، در کلاس زمین‌های بایر در نظر گرفته شد. محققان دیگر نیز، به سبب عدم نیاز به تشخیص دقیق سطوح جاده‌های خاکی از اراضی خاکی و حتی، منازل مسکونی در روستاها که سقف آنها دارای بازتابی نزدیک به خاک است، این گروه‌ها را در یک دسته تحت عنوان "ارضی

با توجه به بررسی مقادیر داخل جدول ۲، می‌توان دریافت از پنج کلاس ایجاد شده در این تحقیق، چهار کلاس شامل سطوحی می‌باشد که توسط انسان می‌تواند تغییر یافته باشد (مانند پیکره آبی که استخرها و برکه‌های مصنوعی ایجاد شده توسط اهالی منطقه). سطوح پهنه کوهستانی و برونزدگی سنگی، به سبب ساختار ارتفاعی و هم‌چنین، عدم دارا بودن پوشش خاکی، قابل زراعت و درختکاری نبوده و تغییرات بسیار کمی در آنها می‌تواند رخ دهد. با توجه به نتایج، می‌توان چنین استنتاج نمود که در پهنه منطقه طارم ۶۸/۴ درصد منطقه (که شامل پهنه سنگی و کوهستانی است) صرفاً دارای پوشش طبیعی (بدون دستکاری انسان) می‌باشد که اگر تغییراتی ایجاد شود، این تغییرات فقط می‌تواند شامل تبدیل این سطوح

مناطقى مانند طارم که شیب، پستی و بلندی و تنوع گونه درختان در آن زیاد است، می‌تواند بسیار مفید باشد.

نتیجه مطالعات پیشین توسط محققان مختلف نیز، تایید کننده این مطلب بود که هر سه روش فوق، می‌تواند نتایج مناسبی در تولید نقشه‌های کاربری اراضی داشته باشد و انتخاب مناسب‌ترین روش، بستگی به کیفیت تصاویر، نوع سنجنده ثبت کننده تصویر، شرایط ارتفاعی و جوی منطقه و همچنین، دقت مورد نیاز کاربر دارد (Akar Ildormi et al., 2016؛ Duarte et al., 2016؛ Güngör, 2012). اما در اکثر مطالعات، روش حداکثر درست‌نمایی، به سبب سرعت بالای تفکیک در کنار دقت مطلوب، توانسته نتایج بسیار مناسبی را داشته باشد. البته دو روش دیگر نیز در مطالعه حاضر، دقت بالایی داشتند که به سبب زمان‌بر بودن و ساختار متفاوت آنها در اجرای الگوریتم (مانند تعریف تعداد لایه‌های پنهان و تابع آموزش در روش ANN)، روش MLC که دارای دقت و سرعت بسیار بالاتری در پردازش می‌باشد، به‌عنوان روش مناسب برای تفکیک اراضی منطقه طارم معرفی گردید. در این مطالعه ضریب کاپا بالاتر از ۵ درصد بود که این نتیجه توسط Anderson و همکاران (۱۹۷۶)، نیز گزارش شده و این محققان مقدار بالاتر از ۸۵ درصد را به‌عنوان ضریب قابل اعتماد بیان نموده‌اند که همانند نتایج محققانی مانند سلمان‌ماهینی و همکاران (۱۳۹۱)، تقوی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۵) و طاهری و همکاران (۱۳۹۷)، تایید کننده توانایی روش MLC در تولید تصاویر کاربری اراضی و پوشش گیاهی می‌باشد. البته در بسیاری از مطالعات نیز، گزارش شده است که ضریب کاپا، برای تصاویر تولید شده، کم‌تر از مقدار استاندارد می‌باشد. به‌عنوان مثال، Cingolani و همکاران (۲۰۰۴)، نشان دادند که ضریب کاپا با روش MLC، برابر با ۰/۷۴ بود. در مطالعه دیگری Rozenstein و Karnieli (۲۰۱۰)، اعلام کردند که مقدار این آماره را ۰/۶۵ برای روش ISO Data و ۰/۵۳ برای روش MLC است. در مطالعه Sun و همکاران (۲۰۱۱) نیز، مقدار

بایر " معرفی نموده‌اند (خسروانی و همکاران، ۱۳۹۰). محققان دیگری نیز، در مطالعات خود با مشکلات مشابهی برخورد نموده و ساده‌سازی فوق را در مطالعه خود لحاظ نموده‌اند (Kamusoko and Luna and Cesar, 2003؛ Ling-Chen et al., 2006؛ Ania, 2006). نتایج مربوط به ارزیابی توانایی روش MLC در تولید نقشه‌های کاربری اراضی بر اساس نمونه‌های تعلیمی و دقت این روش در تفکیک پیکسل‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. در این جدول، دقت تولید کننده^۱ و دقت کاربر^۲، همان خطاهای Commission و Omission می‌باشند

جدول ۳. ارزیابی دقت انجام کار با روش MLC

کلاس	آماره	
	دقت تولید کننده	دقت کاربر
پیکره آبی	۹۴/۳۱	۹۳/۱۶
باغ و درختکاری	۹۵/۲۵	۸۷/۴۲
زمین بایر	۷۱/۰۴	۶۳/۷۲
زراعت	۷۸/۵۹	۷۵/۶۸
رخنمون سنگ و کوه	۷۲/۸۴	۷۶/۳۷

با توجه به مقادیر جدول ۳، بالاترین دقت کاربر در روش MLC در تفکیک پیکره آبی بود. علت این مسئله را می‌توان در یکنواختی سطوح آبی در بازتاب طول موج‌های رسیده به سنجنده و تفاوت چشم‌گیر آنها با طول موج‌های بازتابی از اراضی اطراف، بیان نمود که نتایج مشابهی توسط رضائی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۵)، به‌دست آمده است. بیش‌ترین مقدار دقت تولید کننده در روش MLC در کلاس باغ و درختکاری حاصل شد. بنابراین می‌توان چنین استنتاج کرد که روش MLC در تفکیک طبقه باغ و درخت در تصاویر لندست و برای

¹ Producer Accuracy

² User accuracy

درک نمود. زیرا ضمن بازدیدهای میدانی مشخص گردید که در حال حاضر، در بسیاری از مناطق که امکان درختکاری در آنها وجود داشت، به کمک پمپ‌ها و کفکش‌های متحرک، آب را به صورت غیرمجاز از رودخانه برداشت کرده و با ایجاد باغات زیتون و انار و ...، موجب تخلیه بی‌رویه آب از رودخانه قزل‌اوزن شده‌اند. برداشت‌های غیر مجاز و بی‌رویه، سبب خواهد شد که مشکلات بسیاری برای مصرف‌کنندگان آب در پایین دست منطقه طارم ایجاد شود. از سوی دیگر، با افزایش برداشت‌ها، در صورت وقوع پدیده تغییر اقلیم و کاهش احتمالی بارش‌ها، میزان تغذیه سد منجیل دست‌خوش کاهش شود که علاوه بر ایجاد مشکلات زیست‌محیطی، کاهش مقدار آب ورودی به مخزن، می‌تواند کیفیت آب پشت سد را کاهش داده و تبعات منفی دیگری را به دنبال داشته باشد. نهایتاً باید بیان نمود که به سبب ساختار ارتفاعی و نوع پوشش گیاهی در مناطق مطالعاتی مختلف، نمی‌توان دستورالعمل واحدی را برای انتخاب روش مناسب طبقه‌بندی ارائه نمود که این موضوع، توسط Xie و همکاران (۲۰۱۰) نیز تایید شده است. قابل ذکر است که با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان بیان نمود که تصاویر تفکیک‌شده با الگوریتم MLC برای تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه طارم مناسب بوده و این امر به سبب قدرت تفکیک طیفی سنجنده OLI ماهواره Landsat 8 می‌باشد.

ضریب کاپا برای تولید تصاویر با روش MLC، برابر با ۰/۸۲ بوده است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، نقشه LULC منطقه طارم، با استفاده از تصاویر لندست ۸، با کمک سه الگوریتم طبقه‌بندی مبتنی بر پیکسل (MLC، SVM و ANN) تهیه شد و دقت نتایج با کمک نقاط تصادفی، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بالاترین دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۹۱/۵۵ و ۸۸ درصد و برای روش MLC بود. هم‌چنین، مشخص گردید که ۶۸/۴ درصد اراضی منطقه طارم، در پهنه سنگی و کوهستانی قرار دارد. مطالعه ما نشان داد که MLC، به سبب سرعت و دقت تفکیک بالا، می‌تواند مناسب‌ترین روش طبقه‌بندی باشد. پیشنهاد می‌شود که در منطقه فوق، تفکیک اراضی با کمک داده‌های سنجنده‌های دیگر نیز انجام شود و نتایج حاصل را با یکدیگر مقایسه نمود. از سوی دیگر، پیشنهاد می‌شود به سبب اینکه در منطقه مطالعاتی مور نظر، تحقیق جامعی بر روی بررسی تغییرات کاربری اراضی با کمک سنجنش از دور انجام نشده است، لذا برای چند دوره زمانی مختلف (به عنوان مثال دوره ۵ ساله گذشته)، این نقشه‌ها تهیه شده و تغییرات کلاس‌های کاربری اراضی، مورد ارزیابی قرار گیرد. در صورت در اختیار داشتن این نقشه‌ها، می‌توان الگوی تغییرات احتمالی موجود در کلاس‌های مختلف کاربری اراضی و پوشش گیاهی را

منابع مورد استفاده

- باقری، ح. و اسماعیلی، ا. ۱۳۹۴. استفاده از الگوریتم FireFly در بهبود طبقه بندی تصویر ماهواره‌ای ASTER. همایش ملی ژئوماتیک، برگزار کننده سازمان نقشه برداری کشور، سازمان برنامه و بودجه کشور. دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران.
- تراهی، ع. ا.، فیروزی‌نژاد، م. و عبدالخانی، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال در تهیه نقشه کاربری اراضی جنگل‌های رودخانه‌ای با استفاده از سنجنده OLI (منطقه مورد مطالعه: جنگل‌های رودخانه‌ای مارون بهبهان. مجله سنجنش از دور و GIS ایران، ۹(۱): ۴۹-۶۲.
- تقوی‌مقدم، ا.، بهرامی، ش. و اکبری، ا. ۱۳۹۵. مقایسه دو روش حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در ارزیابی تغییرات سطح جنگل‌های حراء با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در منطقه حفاظت شده گاندو استان سیستان بلوچستان. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۳(۱): ۲۳-۴۸.

- خسروانی، ز، خواجه‌الدین، س.ج.ا، سفیانیان، ع.ر.، محبی، م. و پارسامهر، ا.ح. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی کاربری اراضی منطقه شرق اصفهان با استفاده از تصویر ماهواره‌ای IRS-P6. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۶(۵۹): ۲۳۳-۲۴۴
- رضائی مقدم، م.ح.، اندریانی، ص.، ولی‌زاده کامران، خ. و الماس‌پور، ف. ۱۳۹۵. تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری و پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی: حوضه صوفی‌چای مراغه). فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱۶(۵۵): ۶۵-۸۵
- سلیمان‌ماهینی، ع.ا.، نادعلی، آ.، فقهی، ج. و ریاضی، ب. ۱۳۹۱. طبقه‌بندی مناطق جنگلی استان گلستان به روش حداکثر احتمال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ سال ۲۰۰۱. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۴(۳): ۴۷-۵۶
- شنائی‌هویزه، س.س. م. و زارعی، ح. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۷(۱۴): ۲۳۷-۲۴۴
- طاهری، ف.، رهنما، م. م.، خوارزمی، ا.ع. و خاکپور، ب. ۱۳۹۷. بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه شهر شان‌دیز (طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴). جغرافیا و توسعه، ۵۰: ۱۲۷-۱۴۲
- علوی‌پناه، س.ک. و مسعودی، م. ۱۳۷۵. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای لندست و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعه موردی موک استان فارس. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۷(۱): ۶۵-۷۶
- علوی‌پناه، ک. ۱۳۸۹. کاربرد سنجنش از دور در علوم زمین. تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۴۹۶
- فاطمی، ب. و رضایی، ی. ۱۳۹۱. مبانی سنجنش از دور. تهران، انتشارات آزاده.
- فیضی‌زاده، ب.، عزیزی، ح. و ولی‌زاده، ک. ۱۳۸۶. استخراج کاربری‌های اراضی شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷. مجله آمایش، ۲(۳): ۱-۱۰
- ماهینی، ع.ا.، تادعلی، آ.، فقهی، ج. و ریاضی، ب. ۱۳۹۱. طبقه‌بندی مناطق جنگلی استان گلستان به روش حداکثر احتمال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ سال ۲۰۰۱. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۴(۳): ۴۷-۵۶
- محمدی، ح. و احمدیان، ر. ۱۳۸۴. بافت شناسی روستایی کشور: معیارهای عام شکل‌گیری عناصر کالبدی روستایی، انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.
- محمدی، ح.، زینالو، ع.ا. و روشن، ع.ا. ۱۳۸۷. مدل‌سازی سازگاری دمایی زیتون در ایران. پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۴: ۳۷-۵۱
- مهدوی، ر.، عوضی دختک، ا.ع.، غلامی، ح. و کمالی، ع.ر. ۱۳۹۶. شناسایی مناطق برداشت رسوبات بادی با استفاده از سه الگوریتم حداکثر شباهت، حداقل فاصله و متوازی السطوح (مطالعه موردی: شهرستان رودبار جنوب- استان کرمان). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۴(۳): ۶۱۰-۶۲۲
- نجفی، ا.، عزیزی قلاتی، س. و مختاری، م. ح. ۱۳۹۶. کاربرد ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌بندی کاربری اراضی حوزه چشمه کیله- چالکرو. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۸(۱۵): ۹۲-۱۰۱
- نجفیان، ط.، رنجبر، ح.ا.، و فتحیان‌پور، ن. ۱۳۹۲. شناسایی دگرسانی‌های گرمایی مرتبط با کانسارهای مس پورفیری با استفاده از داده‌های سنجنده ابرطیفی هایپریون. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی معدن، ۸(۱۸): ۳۷-۵۰

Abd el-kawy, O.R., Ismail, H.A. and Suliman, A.S. 2011. Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Applied Geography*, 31(2): 483-494.

Akar, O. and Güngör, O. 2012. Classification of multispectral images using Random Forest algorithm. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 1(2): 105-112.

Akyürek, D., Koç, O., Akbaba, E. M. and Sunar, F. 2018. Land use/ Land cover Change Detection Using Multi-Temporal Satellite Dataset: A case Study In Istanbul New Airport. *The International Archives of the*

- Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3/W4, Geo Information for Disaster Management (Gi4DM), 18–21 March, Istanbul, Turkey.
- Anderson, J.R., Hardy, E.E., Roach, J.T. and Witer, R.E. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. USGS Numbered Series, A revision of the land use classification system in Circular 671, Land Cover Institute.
- Anderson, G.P., Felde, G.W., Hoke, M.L., Ratkowski, A.J., Cooley, T.W., Chetwynd, J.H., Jr., Gardner, J.A., Adler-Golden, S.M., Matthew, M.W., Berk, A. et al. 2002. MODTRAN4-based atmospheric correction algorithm: FLAASH (fast line-of-sight atmospheric analysis of spectral hypercubes). In Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery VIII (Proceedings of SPIE); Shen, S.S., Lewis, P.E., Eds.; Society of Photo Optics: Orlando, FL, USA, pp. 65–71.
- Badroghnezhad, A., mosazadeh, H., sarli, R and sari mohamad li, H. R. (2017). Geographical Engineering of Territory, 1(1):102-112.
- Bakr, N., Weindorf, D.C., Bahnassy, M.H., Marei, S.M. and El-badawi, M.M. 2010. Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multitemporal Landsat data. Applied Geography, 30(4): 592-605.
- Bhaduri, B., Harbor, J., Engel, B.A., and Grove, M. 2000. Assessing watershed-scale, long-term hydrologic impacts of land use change using a GIS-NPS model. Environmental Management, 26(6): 643–58.
- Boschetti, L., Stephane, Flasse, p. and Pietro, A. Brivio. 2004. Analysis of the conflict between omission and commission in low spatial resolution dichotomic thematic products: The Pareto Boundary. Remote Sensing of Environment, 91: 280–292.
- Brandt, J.S., Haynes, M.A., Kuemmerle, T., Waller, D.M. and Radeloff, V.C. 2013. Regime shift on the roof of the world: alpine meadows converting to shrublands in the southern Himalayas. Biological Conservation, 158: 116–127.
- Cetin, M. 2009. A satellite based assessment of the impact of urban expansion around a lagoon. International Journal of Environmental Science and Technology, 6(4): 579–590.
- Chen, J., Zhu, X., Vogelmann, J. E., Gao, F. and Jin, S. 2011. A simple and effective method for filling gaps in Landsat ETM? slc-off images. Remote Sensing the Environment, 115(4): 1053–1064.
- Cingolani, A.A., Renison, D., Zak, M.R. and Cabido, M.R. 2004. Mapping vegetation in a heterogeneous mountain rangeland using Landsat data: an alternative method to define and classify land-cover units. Remote Sensing of Environment, 92(1): 84–97.
- Cortes, C., Vapnik, V. 1995. Support-vector networks. Machine Learning, 20(3): 273–297.
- Dixon, B. and Candade, N. 2008. Multispectral land use 2-classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both?, International Journal of Remote Sensing, 29: 1185-1206.
- Duarte, D.C.O., Zanetti, J., Junior, J.G. and Medeiros, N.G. 2016. Comparison of supervised classification methods of Maximum Likelihood image, Minimum Distance, Parallelepiped and Neural network in images of Unmanned Air Vehicle (UAV) in Viçosa-MG. Proceedings XVII GEOINFO, November 27-30, Campos do Jordão, Brazil.
- Elhag, M. and Boteva, S. 2016. Mediterranean land use and land cover classification assessment using high spatial resolution data. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 44(4): 32-42.
- EXELIS Inc. 2013. ENVI@5.1 Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH); EXELIS Inc.: Boulder, CO, USA.
- Fohrer, N., Haverkamp, S., Eckhardt, K. and Frede, H.G. 2001. Hydrologic response to Land use changes on the catchment scale, Physics and Chemistry of the Earth, 26(7–8): 577–582.
- Foody, G.M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. – Remote Sensing the Environment 80(1): 185-201.
- Gahegan, M., German, G. and West, G. 1999. Improving Neural Network Performance on the Classification of Complex Geographic Datasets. Geographical Systems, 1: 3-22.
- Gutman, G., Huang, C., Chander, G., Noojipady, P. and Masek, J.G. 2013. Assessment of the NASA-USGS global land survey (GLS) datasets. Remote Sensing and Environment. 134: 249–265.
- Hansen, M.C., Egorov, A., Potapov, P.V., Stehman, S.V., Tyukavina, A., Turubanova, S.A., Roy, D.P., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Ju, J., Kommareddy, A., Kovalsky, V., Forsyth, C. and Bents, T. 2014. Monitoring conterminous United States (CONUS) land cover change with Web-Enabled Landsat Data (WELD). Remote Sensing of Environment, 140: 466–484.
- Haykin, S. 1994. Neural Networks; Macmillan College Publishing Company: New York, NY, USA, pp 150.
- Hersperger, A.M. and Buergi, M. 2007. Driving Forces of Landscape Change in the Urbanizing Limmat Valley, Switzerland. In Modelling Land-Use Change: Progress and Applications; Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, A., Scholten, H.J., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2007; pp. 45–60.
- Hu, T., Yang, J., Li, X. and Gong, P. 2016. Mapping Urban Land Use by Using Landsat Images and Open Social Data. Remote sensing, 8(151): 1-18.
- Hutjes, R.W.A. 1998. Biosphere aspects of the hydrological cycle. Journal of Hydrology, 212-213: 1-21.

- Ildormi, A., Nori, H., Naderi, M., Aghabeigi, S. and Zeinvand, H. 2017. Land use Change Prediction using Markov Chain and CA Markov Model (Case Study: Gareen Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, 8(16): 232-240.
- Kamusoko, C. and Aniya, M. 2006. Land use/cover change and landscape fragmentation analysis in the bendura district Zimbabwe. *Land Degradation and Development*, 18: 221-233.
- Kavzoglu, T. and Colkesen, I. 2009. A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. *International Journal of Applied Earth Observation*, 1: 352-359.
- Kreuter, U.P., Harris, H.G., Matlock, M.D. and Lacey, R.E. 2001. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. *Ecological Economics*, 39: 333-346.
- Li, M.H., Tapio, I., Vilkkki, J., Ivanova, Z., Kiselyova, T., Marzanov, N., et al. 2007. Genetic structure of cattle populations in northern Eurasia and the neighboring Near Eastern regions: implications for breeding strategies and conservation. *Molecular Ecology*, 16: 3839-3853.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. 2000. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley and sons, New York.
- Ling-Chen, X., P. X. Zhao-Li and Z. Y. Yin. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing and Environment*, 104: 133-146
- López-Serrano, P.M., Corral-Rivas, J.J., Díaz-Varela, R.A., Álvarez-González, J.G., López-Sánchez, C.A. 2016. Evaluation of radiometric and atmospheric correction algorithms for aboveground forest biomass estimation using landsat 5 TM data. *Remote Sensing*, 8: 1-19.
- Luna, A. R. and A. R. Cesar. 2003. Land use, land cover changes and costal lagoon surface reduction associated with urban growth in northwest Mexico. *Landscape Ecol.* 18:159-171.
- Manandhar, R., Odeh Inakwu, O. A. and Ancev, T. 2009. Improving the Accuracy of Land Use and Land Cover Classification of Landsat Data Using Post-Classification Enhancement. *Remote Sensing*, 1: 330-344.
- Portela, R. and Rademacher, I. 2001. A dynamic model of patterns of deforestation and their effect on the ability of the Brazilian Amazonia to provide ecosystem services. *Ecological Modelling*, 143: 115-146.
- Rao, S. and Sharma, A. 2013. Cost parameter analysis and comparison of linear Kernel and Hollinger Kernel mapping of SVM on image retrieval and effects of addition of positive images. *International Journal of Computer Applications*, 73(2): 5-12.
- Rojstaczer, S., Sterling, S. M. and Moore, N.J. 2001. Human Appropriation of Photosynthesis Products. *Science*, 294: 2549-2552.
- Rosenfield, G. and Fitzpatrick-Lins, K. 1986. A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(2): 223-227.
- Rozenstein, O. and Karnieli, A. 2010. Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs. *Applied Geography*, 31(2): 533-544.
- Schmitt-Harsh, M. 2013. Landscape change in Guatemala: driving forces of forest and coffee agroforest expansion and contraction from 1990 to 2010. *Applied Geography*, 40: 40-50.
- Sekertekin, A., Marangoz, M. and Akcin, H. 2017. Pixel Based Classification Analysis of Land Use and Land Cover Using SENTINEL-2 and LANDSAT- 8 Data. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4/W6, 91-93.
- Seto, K.C., Woodcock, C.E., Song, C., Huang, X., Lu, J. and Kaufmann, R.K. 2002. Monitoring land use change in the Pearl River Delta using Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*, 23(10): 1985-2004.
- Sun, J., Yang, J., Zhang, C., Yun, W. and Qu, J. 2011. Automatic remotely sensed image classification in a grid environment based on the maximum likelihood method. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(3-4): 573-581.
- Tang, Z., Engel, B.A., Pijanowski, B.C. and Lim, K.J. 2005. Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. *Journal of Environmental Management*, 76: 35-45.
- Tatem, A.J., Nayar, A. and Hay, S.I. 2006. Scene selection and the use of NASA's global orthorectified Landsat dataset for land cover and land use change monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 27: 3073-3078.
- Temesgen, H., Nyssen, J., Zenebe, A., Haregeweyn, N., Kindu, M., Lemenih, M. and Haile, M. 2013. Ecological succession and land use changes in a lake retreat area (Main Ethiopian Rift Valley). *Journl of Arid Environment*, 91: 53-60.
- Tso, B. and Mather, P.M. 2009. *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. Chapter 2-3. 2 ed., Taylor and Francis Pub., America.
- Turner, B.L., Villar, S.C., et al. 2001. Deforestation in the southern Yucatán peninsula region: an integrative approach. *Forest Ecology and Management*, 154: 353-370.
- Turner, B.L. 2002. *Toward Integrated Land-Change Science: Advances in 1.5 Decades of Sustained International Research on Land-Use and Land-Cover Change.* Challenges of a Changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, NL, 10-13 July 2000.
- Van, T.T., Tran, N.D.H., Bao, H.D.X., et al. 2017. Optical Remote Sensing Method for Detecting Urban Green Space as Indicator Serving City Sustainable Development. *Proceedings*, 2(140): 1-6.

- Vapnik, V.N. 1999. The nature of statistical Learning theory. Second Edition, New York: Springer-Verlag.
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., and Melillo, J.M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems: Science, 277: 494-499.
- Xie, Y., Sha, Z. and Yu, M. 2010. Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. Journal of Plant Ecology, 1(1): 9-23.
- Young, A. 1998. Land Resources; Now and for the Future. Cambridge University Press, 319 pp.
- Zhang, L., Dawas, W.R. and Reece, P.H. 2001. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. Water Resources. Research, 37(3): 701-708.
- Zhao, B., Kreuter, U.P., Li, B., Ma, Z., Chen, J. and Nakagoshi, N. 2003. An ecosystem service value assessment of land-use change on Chongming Island, China. Land Use Policy, 21: 139-148.
- Zomlot, Z., Verbeiren, B., Huysmans, M. and Batelaan, O. 2017. Trajectory analysis of land use and land cover maps to improve spatial-temporal patterns, and impact assessment on groundwater recharge. Journal of Hydrology, 554: 558-569.



ISSN 2251-7480

Pixel based classification analysis of land use land cover in tarom basin

Seyed Behrouz Hoseini^{1*}, Ali Saremi², Mohammad Hosein Nouri Ghidari³, Hasan Sedghi⁴, Alireza Firoozfar⁵, and Jafar Nikbakht⁶

- 1) PhD student of Department of Water Sciences and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
- 2) Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
- * Corresponding author: ali.saremi.srbiau@gmail.com
- 3) Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of engineering and technology, Islamic Azad University, Zanjan Branch, Zanjan, Iran.
- 4) Professor, Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
- 5) Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran
- 6) Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 30-10-2018

Accepted: 01-07-2019

Abstract

The comprehensive management of a watershed requires basic informations such as land use and land cover. The aim of this study is to conduct accuracy analyses of land use/land cover classifications derived from Landsat-8 data, and to reveal that which kind of land use and land cover can be estimated more accurately. Tarom Basin and its near surrounding (Zanjan, Guilan, Ardebil and East Azerbaijan) was selected as study area for this case study. Landsat-8 the data, acquired on 8 August 2017, were utilized as satellite imagery in the study. The RGB (RED, Green, Blue) and NIR (Near Infrared) bands were used for classification and comparison the results with ground samples. Required pre-processing and control of georeferenced of images were performed. After performing the required atmospheric corrections, using the FLAASH algorithm, classification maps were generated. LULC images were generated using 3 pixel-based supervised classification method method, Maximum Likelihood (MLC), Support Vector Machine (SVM) and Artificial Neural Network (ANN). As a result of the accuracy assessment, kappa statistics and overall accuracy for MLC method were 0.88 and 91.55 respectively. The obtained results showed that Landsat-8 OLI data, presents satisfying LULC images in water body, mountain and rock, bare land, Vegetation and forest classes. In addition, according to the obtained results, it can be stated that all three methods of classification in a region with heterogeneous (in terms of elevation elevation between 280 and 3000 m and land use and variety of vegetation) Such Tarom, can have good results. Among these methods, Classification with MLC method, had higher speed and lower complexity for execution, than two other methods in achieving the required maps.

Keywords: LANDSAT 8; Maximum Likelihood Method; Supervised Classification; Tarom Basin