



مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهرستان نور)

صالح یوسفی^{۱*}، مهدی تازه^۲، سمیه میرزایی^۳، حمید رضا مرادی^۴، شهلا توانگر^۱

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

۴. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۷ مهر ۱۳۹۲

پذیرش: ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۳

دسترسی اینترنتی: ۲۴ آبان ۱۳۹۳

واژه‌های کلیدی:

ضریب کاپا

طبقه‌بندی تصویر

کاربری اراضی

سنجش از دور

شهرستان نور

چکیده

نقشه کاربری اراضی یکی از فاکتورهای اساسی در مطالعات منابع طبیعی و مدیریت محیط زیست می‌باشد. اغلب تهیه نقشه کاربری اراضی یک منطقه یکی از پرهزینه‌ترین بخش‌های پروژه‌های زیست محیطی و منابع طبیعی است. داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان جهت تهیه نقشه کاربری اراضی می‌باشد. در سال‌های اخیر محققان از روش‌های مختلفی نقشه کاربری اراضی را با استفاده از این داده‌ها تهیه کرده‌اند. روش‌های مختلفی جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. هر یک از روش‌ها دارای معایب و مزایایی می‌باشند. تحقیق حاضر با هدف تعیین بهترین روش طبقه‌بندی تصاویر سنجنده ETM⁺ از بین ۹ روش طبقه‌بندی نظارت شده جهت استخراج نقشه کاربری اراضی شهر نور صورت گرفت. نتایج نشان داد که روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان با میانگین ضرایب کلی و کاپا به ترتیب ۹۰/۹۴ درصد و ۰/۹۵۰۳ نسبت به روش‌های دیگر دارای دقت بالاتری است. اولویت دقت روش‌های ۹ گانه به ترتیب به صورت، ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی، فاصله ماحالانویی، حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین، نقشه زاویه طیفی، واگرایی اطلاعات طیفی، سطوح موازی و در نهایت روش کدهای باینری می‌باشد. از نتایج تحقیق حاضر می‌توان با استفاده از روش صحیح طبقه‌بندی، نقشه کاربری اراضی را با دقت بالاتری استخراج نمود.

* پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: ssaleh.yousefi@yahoo.com

مقدمه

داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان جهت تهیه نقشه کاربری اراضی می‌باشد (۲۴). تجزیه و تحلیل این داده‌ها می‌تواند بینش‌های صحیح جهت تعامل انسان با محیط طبیعی فراهم کند. به خصوص استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر چند طیفی می‌تواند به انسان جهت شناسایی پوشش زمین کمک کند (۱۰). استفاده از قسمت‌های مختلف طیف انرژی مغناطیسی برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها و امکان بکارگیری سخت افزارها و نرم‌افزارها باعث شده که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با استقبال خاصی روبه‌رو شود (۵). به طور کلی می‌توان روش‌های طبقه‌بندی را به صورت کلی به دو روش نظارت شده و نظارت نشده تقسیم‌بندی نمود که می‌توان به روش حداکثر احتمال، شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machine) اشاره نمود. روش حداکثر احتمال شباهت یکی از کاراترین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر می‌باشد (۱۹). در اکثر تحقیقات و مطالعات این روش به عنوان دقیق‌ترین روش طبقه‌بندی معرفی شده است (۴، ۷، ۱۸ و ۲۸). در این روش کاربر باید دقت کند که کلاس‌بندی از توزیع نرمال گوسی پیروی کند و این روش برای کلاس‌های چند طیفی مناسب‌تر است. شبکه عصبی یکی از روش‌های غیر پارامتری است که جهت طبقه‌بندی تصویر استفاده می‌شود (۲۲) و نیازی به فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها ندارد (۱۲) و این روش می‌تواند توصیف دقیقی از پردازش داده‌های ورودی در خروجی ارائه دهد (۲۰). به همین دلیل است که از روش شبکه عصبی معمولاً به عنوان جعبه سیاه یاد می‌شود (۲۶). ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های جدیدی است که جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی استفاده می‌شود. تحقیقات در مورد پیدا کردن روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای همچنان ادامه دارد ماشین بردار پشتیبان از روش‌های است که اخیراً معرفی شده است (۱۹). یکی از مزایای این روش "یک در مقابل یک" است. همچنین این روش با نمونه‌های تعلیمی کوچک نیز می‌تواند دقت تصویر کلاس‌بندی شده خوبی ارائه دهد و این مزیت سبب کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت کار می‌شود (۱۶).

روش طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین روشی است که پس از تعیین مقادیر میانگین طیفی در هر باند، با مشخص شدن پیکسلی که میانگین ارزش طیفی نمونه‌های تعلیمی هر طبقه را به خود اختصاص داده، فاصله هر پیکسل طبقه‌بندی نشده با پیکسل‌های میانگین مقایسه شده و سپس پیکسل مورد نظر به کلاسی اختصاص می‌یابد که کمترین فاصله با میانگین را دارد. روش طبقه‌بندی سطوح موازی یکی از روش‌های رایج طبقه‌بندی تصاویر است. در این روش بر اساس نمونه‌های تعلیمی تعریف شده برای طبقه‌بندی در هر کلاس حداکثر و حداقل ارزش پیکسل تعیین می‌شود و بر این اساس طبقه‌بندی تصاویر انجام می‌پذیرد. مهم‌ترین دلیل عدم استفاده زیاد از این روش، عدم طبقه‌بندی بعضی از پیکسل‌های تصویر می‌باشد. روش طبقه‌بندی فاصله ماهالانوبی (Mahalanobis Distance) از دیگر روش‌های طبقه‌بندی تصاویر می‌باشد. این روش بسیار شبیه به روش حداقل فاصله از میانگین می‌باشد با این تفاوت که در این روش از ماتریس کواریانس نیز استفاده می‌شود و در این روش فرض می‌شود که هیستوگرام باندها به صورت نرمال می‌باشد (۲۸).

روش طبقه‌بندی نقشه زاویه طیفی یکی از روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است که پایه آن بر اساس طبقه‌بندی طیفی است. در این روش از یک زاویه بدون بعد برای نسبت دادن پیکسل‌های مورد نظر به طیف باندی استفاده می‌شود. این روش زمانی استفاده می‌شود که داده‌ها نسبت به انعکاس کالیبره شده و تقریباً در مقابل اثرات نور و الیبدو غیرحساس هستند (۲۱).

روش طبقه‌بندی واگرایی اطلاعات طیفی یک روش طبقه‌بندی طیفی است که از اندازه واگرایی برای تطابق پیکسل‌ها به طیف مورد نظر استفاده می‌کند. در این روش هرچه واگرایی کمتر باشد احتمال شباهت پیکسل‌ها بیشتر است. همچنین پیکسل‌های با واگرایی بیشتر از حداکثر آستانه تعیین شده طبقه‌بندی نمی‌شوند (۱۳). روش طبقه‌بندی کدهای باینری (Binary Encoding) یک روش بسیار ساده طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. این روش داده‌ها و طیف‌ها را بر اساس اینکه، یک باند بالاتر یا پایین‌تر از میانگین طیفی باشد به ترتیب بین صفر و یک کددهی می‌کند (۲۳).

از جمله مطالعات انجام شده بر روی روش‌های طبقه‌بندی می‌توان به مطالعات زیر اشاره داشت، راه‌داری و

نقشه کاربری اراضی دارای دقت بسیار بالاتری می‌باشد. از دیگر مطالعات انجام شده می‌توان به پرومال و باسکاران (۲۵)، راجش و یوجی (۲۷) اشاره نمود.

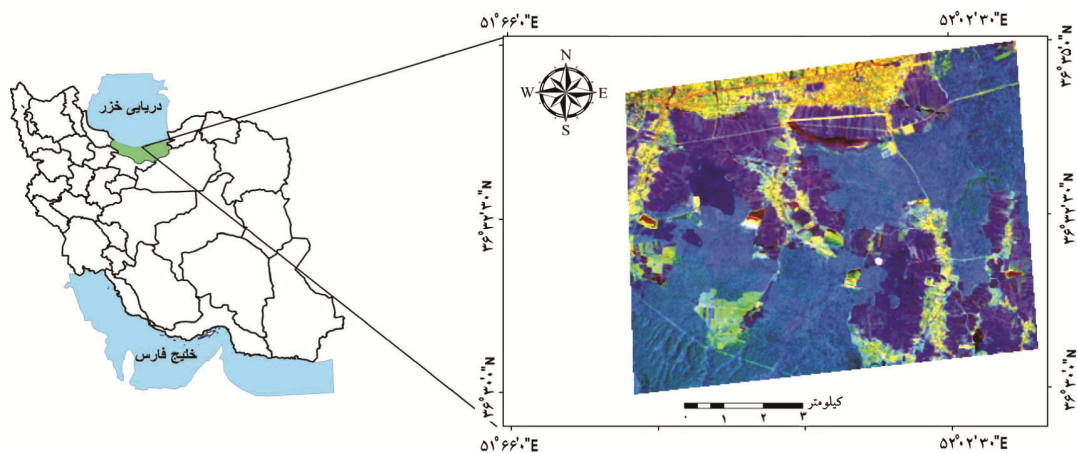
جمع‌بندی سوابق تحقیق نشان می‌دهد که علی‌رغم اینکه مطالعات زیادی در این زمینه در مناطق مختلف جهان صورت گرفته است ولی اکثر این تحقیقات فقط چند روش طبقه‌بندی را در نظر گرفته‌اند. همچنین در مناطق شمال کشور که با توجه به منابع طبیعی غنی آن بیشتر تحت تأثیر تخریب می‌باشد و اهمیت ویژه‌ای برای کشور ایران دارد، روش خاصی جهت تهیه نقشه کاربری اراضی این مناطق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای هنوز ارائه نشده است. لذا تحقیق حاضر در نظر دارد با تمرکز بر روی مناطق شمال کشور در میان الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بهترین روش جهت تهیه نقشه کاربری اراضی در این مناطق را معرفی کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از شهرستان نور در استان مازندران با مساحت ۷۹۱۹ هکتار می‌باشد (شکل ۱). با توجه به نزدیکترین ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه مقدار میانگین بارش سالانه نور ۹۵۰ میلیمتر می‌باشد. بر اساس روش طبقه‌بندی دومارتن این مناطق دارای اقلیم بسیار مرطوب می‌باشند.

همکاران (۲) در استان اصفهان به مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره IRS پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال به ضریب کاپا ۰/۹۰ دارای بیشترین دقت می‌باشد. ریاحی بختیاری (۳) در مطالعه‌ای در دشت ارژن فارس به مقایسه روش‌های مختلف تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده TM پرداخت. نتایج ایشان نشان داد که روش هیبرید نسبت به روش‌های بصری و حداکثر احتمال دارای دقت بالاتری (ضریب کاپا ۰/۵۱) می‌باشد. از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به زاهدی فرد (۵)، فتاحی و همکاران (۶)، سفینیان و همکاران (۸) اشاره نمود. الاحمدی و هامس (۹) در مطالعه‌ای در مناطق خشک عربستان سعودی به مقایسه چهار روش طبقه‌بندی نظارت نشده و نظارت شده (حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین و فاصله ماه‌الانویی) با استفاده از تصاویر سنجنده ETM^+ پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که روش حداکثر احتمال با ضریب کاپا ۰/۶۸ دارای بیشترین دقت می‌باشد. دمورت (۱۱) در مطالعه‌ای در هند با استفاده از تصاویر سنجنده TM به تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق استخراج زغال سنگ پرداخت. نتایج ایشان نشان داد که روش حداکثر احتمال با ضریب صحت ۰/۸۰ دارای بیشترین دقت می‌باشد. الیزابت و همکاران (۱۴) در مطالعه‌ای در قسمتی از ایالت آریزونا در آمریکا به بررسی مقایسه چند روش تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر TM پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت تهیه



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از داده‌های تصاویر سنجنده‌های ETM⁺ ماهواره Landsat تاریخ بیست و هشتم تیر ماه ۱۳۸۵ استفاده شد. همچنین نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ مناطق نیز استفاده گردید.

روش تحقیق

برای اعمال تصحیح هندسی بر روی تصاویر با استفاده از روش نقشه به تصویر، برای هر منطقه ۲۵ نقطه کنترل زمینی بر روی لایه‌های وکتوری جاده‌ها و آبراهه‌های استخراج شده از نقشه توپوگرافی انتخاب و نقاط متناظر آن‌ها بر روی تصویر تعیین شد. پس از بکارگیری روش ناپارامتری چند جمله‌ای و حذف نقاط نامناسب، تصحیح هندسی با تعداد ۲۳ نقطه کنترل زمینی و میزان خطای ریشه مربعات ۰/۲۰ پیکسل صورت گرفت.

جهت تهیه نقشه کاربری اراضی، از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، شبکه عصبی، حداقل فاصله از میانگین، سطوح موازی، فاصله ماهالانویی، نقشه زاویه طیفی، واگرایی اطلاعات طیفی و کدهای باینری استفاده گردید. به این ترتیب که برای کاربری‌های موجود در منطقه با استفاده از بازدهی‌های میدانی و دستگاه موقعیت یاب جهانی نمونه‌های تعلیمی برای هر کاربری در هر منطقه تهیه گردید. نمونه‌های تعلیمی به دو دسته تقسیم‌بندی گردید، یک دسته جهت استفاده در طبقه‌بندی و دسته دوم جهت بررسی صحت طبقه‌بندی استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات نمونه‌های تعلیمی

کاربری اراضی	نمونه تعلیمی		
	طبقه‌بندی (متر مربع)	ارزیابی (متر مربع)	طبقه‌بندی (پیکسل)
جنگل	۶۱۱۵۶۰	۲۴۸۵۹۴	۵۱۳
مسکونی	۹۲۶۶۵	۳۵۹۷۴	۱۰۳
کشاورزی	۶۶۴۶۰۰	۱۲۳۱۰۰	۵۱۶

لازم به ذکر است که در منطقه از نمونه‌های تعلیمی ثابتی جهت طبقه‌بندی‌های مختلف استفاده شد و در نمونه‌های تعلیمی تغییر ایجاد نگردید. همین شرایط برای نمونه‌های تعلیمی جهت ارزیابی نیز رعایت شد. پس از اعمال تصحیحات تصاویر با توجه به الگوریتم‌های مورد مطالعه برای هر الگوریتم با استفاده از نرم افزار ENVI4.5 به کمک نمونه‌های تعلیمی، نقشه کاربری اراضی برای منطقه مطالعاتی تهیه گردید.

صحت طبقه‌بندی

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از درستی و صحت آن است. بعد از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نمونه‌های تعلیمی که در روند طبقه‌بندی دخالت داده نشده‌اند، اقدام به ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شده می‌گردد. در تحقیق حاضر از ضرایب صحت کلی (Overall accuracy)، ضریب کاپا (Kappa coefficient)، صحت تولید کننده، صحت کاربر، خطای Omission و خطای Commission جهت بررسی صحت طبقه‌بندی استفاده گردید. دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$OA = \frac{1}{N} \sum p_{ii} \quad [1]$$

در این رابطه؛ OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی، $\sum p_{ii}$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا. به دلیل ایرادات وارده بر دقت کلی، غالباً در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مدنظر قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$Kappa = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c} \times 100 \quad [2]$$

که در رابطه بالا؛ p_o درستی مشاهده شده، p_c توافق مورد انتظار. دقت تولیدکننده، احتمال این که یک پیکسل در تصویر کلاس‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و دقت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین

در تحقیق حاضر ۹ روش طبقه‌بندی نظارت شده، ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، شبکه عصبی، حداقل فاصله از میانگین، سطوح موازی، فاصله ماهالانویی، نقشه زاویه طیفی، واگرایی اطلاعات طیفی و کدهای باینری در بخشی از شهر نور انجام و از نظر صحت طبقه‌بندی با استفاده از ضرایب صحت کلی، کاپا، صحت کاربر، صحت تولید کننده، Omission و Commission مورد مقایسه و آنالیز آماری قرار گرفت. نتایج حاصل از آنالیز آماری ضرایب صحت نشان داد که ماشین بردار پشتیبان نسبت به روش‌های دیگر با ضریب کاپای ۰/۹۰۸۹ و صحت کلی ۹۵/۰۳ درصد دارای بیشترین دقت می‌باشد. تحقیقات اخیر نشان داده است که ماشین بردار پشتیبان نسبت به روش‌های دیگر طبقه‌بندی دارای دقت بیشتری می‌باشد (۱۷). یکی از مزایای روش ماشین بردار پشتیبان این است که می‌تواند مشکلات موجود در اختلاف غیر متعادل میان نمونه‌های تعلیمی را حل کند (۱۹). بعد از روش ماشین بردار پشتیبان به ترتیب روش‌های شبکه عصبی، فاصله ماهالانویی، حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین، نقشه زاویه طیفی، واگرایی اطلاعات طیفی، کدهای باینری و در نهایت روش سطوح موازی دارای بیشترین دقت می‌باشند. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج بریان و همکاران (۱۰) که در مطالعه‌ای در تایلند به مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ASTER به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی مناطق تروپیکال ساحلی پرداختند و یافته‌های آن‌ها نشان داد که از بین روش‌های ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی و حداکثر احتمال روش ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۹۴/۱۵ درصد دارای بیشترین دقت می‌باشد، که نتایج به دست آمده با نتایج گالتیر و کرومپ (۱۷) و هوانگ و همکاران (۱۸) مطابقت دارد. از مزایای روش ماشین بردار پشتیبان می‌توان به قابلیت تهیه نقشه کلاس‌بندی با دقت بالاتر با استفاده از نمونه‌های تعلیمی کوچک نسبت به روش‌های دیگر طبقه‌بندی اشاره کرد. از نتایج تحقیق حاضر می‌توان جهت تهیه نقشه کاربری اراضی با دقت بالاتر با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان در کارهای ارزیابی زیست محیطی و منابع طبیعی در مناطق با شرایط مشابه استفاده نمود. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های رایج طبقه‌بندی

در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد می‌باشد که از روابط زیر محاسبه می‌گردند:

$$PA = \frac{ta}{ga} \times 100 \quad [۳]$$

$$UA = \frac{ta}{n_1} \times 100 \quad [۴]$$

که این روابط؛ PA درصد دقت کلاس a برای دقت تولیدکننده، ta تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به عنوان کلاس a، ga تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی، UA درصد دقت کلاس a برای دقت کاربر، n₁ تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی. بر اساس دو دقت ذکر شده، دو خطای گماشته شده (Commision error) و حذف‌شده (Ommision error) به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$C_e = 1 - UA \quad [۵]$$

$$O_e = 1 - PA \quad [۶]$$

خطای گماشته شده (C_e) که بر اساس دقت کاربر محاسبه می‌گردد، معادل آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقع متعلق به کلاس مورد نظر نبوده ولی طبقه‌بندی کننده آن‌ها را جزء آن کلاس خاص در نظر گرفته است. خطای حذف‌شده (O_e) مربوط به آن درصد از پیکسل‌هایی است که در واقعیت زمینی مربوط به کلاس مورد نظر است ولی جزء کلاس‌های دیگر طبقه‌بندی شده‌اند (۱).

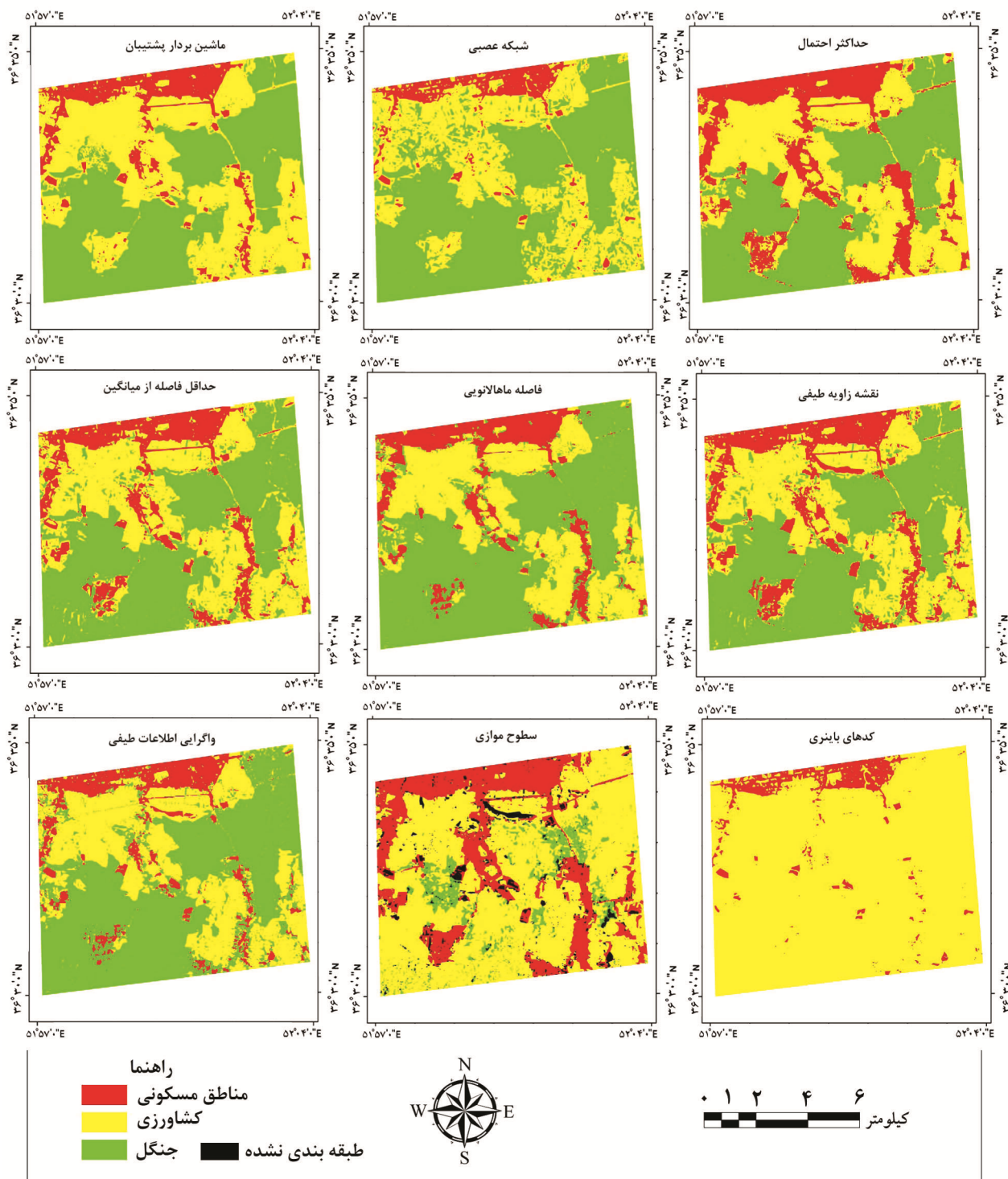
نتایج و بحث

نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه شامل کاربری جنگل، مسکونی و کشاورزی تهیه شده از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، شبکه عصبی، حداقل فاصله از میانگین، سطوح موازی، فاصله ماهالانویی، نقشه زاویه طیفی، واگرایی اطلاعات طیفی و کدهای باینری در شکل ۲ آورده شده است.

در جدول ۲ نتایج ضرایب صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولید کننده، صحت کاربر، خطای Omission و خطای Commission روش‌های ۹ گانه طبقه‌بندی ارائه شده است.

به روش‌های ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی دارای دقت پایین‌تری می‌باشند.

تصاویر ماهواره‌ای به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی مانند حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین که به طور عمده در تحقیقات و پروژه‌های اجرایی استفاده می‌شوند نسبت



شکل ۲. نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده بر اساس روش‌های ۹ گانه طبقه‌بندی نظارت شده

جدول ۲. ضرایب صحت روش‌های ۹ گانه طبقه‌بندی نظارت شده برای منطقه نور

روش طبقه‌بندی	ضریب صحت کاربری	صحت تولید کننده	صحت کاربر	Omission	Commission	ضریب کاپا	صحت کلی
کدهای باینری	مسکونی	۶۵/۸۵	۱۰۰	۳۴/۱۵	۰	۰/۱۰۲۵	۳۷/۳۷
	کشاورزی	۱۰۰	۳۳/۴۹	۰	۶۶/۵۱		
	جنگل	۰	۰	۱۰۰	۰		
فاصله ماهالانویی	مسکونی	۱۰۰	۴۹/۴	۰	۵۰/۶	۰/۷۳۳۸	۸۵/۱۰
	کشاورزی	۶۳/۰۱	۸۵/۹۸	۳۹/۹۹	۱۴/۰۲		
	جنگل	۹۴/۵۷	۹۵/۶	۵/۴۳	۴/۴		
حداکثر احتمال	مسکونی	۱۰۰	۴۲/۷۱	۰	۵۷/۲۹	۰/۶۸۷۸	۸۱/۶۴
	کشاورزی	۶۸/۴۹	۷۶/۹۲	۳۱/۵۵	۲۳/۰۸		
	جنگل	۸۵/۸۷	۱۰۰	۱۴/۱۳	۰		
حداقل فاصله از میانگین	مسکونی	۱۰۰	۴۵/۵۶	۰	۵۴/۴۴	۰/۶۷۵۱	۸۱/۶۴
	کشاورزی	۵۶/۱۶	۷۹/۶۱	۴۳/۸۴	۲۰/۳۹		
	جنگل	۹۲/۳۹	۹۴/۴۴	۷/۶۱	۵/۵۶		
شبکه عصبی	مسکونی	۶۵/۸۵	۱۰۰	۳۴/۱۵	۰	۰/۷۴۱۷	۸۶/۶۱
	کشاورزی	۷۶/۷۱	۸۰	۲۳/۲۹	۲۰		
	جنگل	۹۴/۹۳	۸۸/۵۱	۵/۰۷	۱۱/۴۹		
سطوح موازی	مسکونی	۹۷/۵۶	۳۸/۸۳	۲/۴۴	۶۱/۱۷	۰/۰۴۸۱	۳۰/۰۲
	کشاورزی	۶۱/۶۴	۲۶/۲۴	۳۸/۳۶	۷۳/۷۶		
	جنگل	۳/۲۶	۱۰۰	۹۶/۷۴	۰		
نقشه زاویه طیفی	مسکونی	۹۷/۵۶	۸۸/۸۹	۲/۴۴	۱۱/۱۱	۰/۶۷۳۵	۸۱/۲۱
	کشاورزی	۵۶/۱۶	۷۸/۸۵	۴۳/۸۴	۲۱/۱۵		
	جنگل	۹۲/۰۳	۹۴/۷۸	۷/۹۷	۵/۲۲		
واگرایی اطلاعات طیفی	مسکونی	۷۸/۰۵	۹۶/۹۷	۲۱/۹۵	۳/۰۳	۰/۶۶۳۲	۸۱/۴۳
	کشاورزی	۵۸/۹	۸۰/۵	۴۱/۱	۱۶/۵		
	جنگل	۹۳/۸۴	۸۹/۶۲	۶/۱۶	۱۰/۳۸		
ماشین بردار پشتیبان	مسکونی	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۰/۹۰۸۹	۹۵/۰۳
	کشاورزی	۹۶/۵۸	۸۸/۶۸	۳/۴۲	۱۱/۳۲		
	جنگل	۹۳/۴۸	۹۸/۱	۶/۵۲	۱/۹		

منابع مورد استفاده

۱. کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی (۱): ۶۱-۷۹.

۱. آرخی، ص. و ی. نیازی. ۱۳۸۹. مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی- پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: حوزه دره‌شهر- استان ایلام). مجله

- International Journal of Remote Sensing, 29: 1185-1206.
13. Du, Y., C. Chang, H. Ren, C. Chang, J. O. Jensen and F. M. D. Amico. 2004. New hyperspectral discrimination measure for spectral characterization. *Optical Engineering*, 43 (8): 1777-1786.
 14. Elizabeth, A. W., L. William, C. G. Stefanov and H. Diane. 2006. Land use and land cover mapping from diverse data sources for an arid urban environments. *Computers, Environment and Urban Systems* 30 (3): 320-346.
 15. Foody, G. M. 2004. Thematic map comparison: evaluating the statistical significance of differences in classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70: 627-633.
 16. Gualtieri, J. A and R. F. Cromp. 1998. Support vector machines for hyperspectral remote sensing classification. In: *Proceedings of the 27th AIPR Workshop: Advances in Computer Assisted Recognition*, Washington, DC, 27 October. SPIE, Washington, DC, pp. 221-232.
 17. Hopkins, P. F., A. L. Maclean and T. M. Lillesand. 1988. Assessment of thematic mapper imagery for forestry application under lake states conditions, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54 (1): 61-68.
 18. Huang, C., L. S. Davis and J. R. G. Townshend. 2002. An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, 23 (4): 725-749.
 19. Jensen, J. 2005. *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 526 pp.
 20. Kavzoglu, T. and P. M. Mather. 2003. The use of back propagating artificial neural networks in land covers classification. *International Journal of Remote Sensing*, 24(23): 4907-4938.
 21. Kruse, F. A., A. B. Lefkoff, J. B. Boardman, K. B. Heidebrecht, A. T. Shapiro, P. J. Barloon and A. F. H. Goetz. 1993. The spectral image processing system (SIPS) - interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. *Remote Sensing of the Environment*, 44: 145 - 163.
 22. Lu, D. and Q. Weng. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28 (5): 823-870.
 23. Mazer, A. S., M. Martin, M. Lee and J. E. Solomon. 1988. Image processing software for imaging spectrometry analysis, *Remote Sensing of the Environment*, 24 (1): 201-210.
 24. Pal, M. and P. M. Mather. 2005. Support vector machines for classification in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 26 (5): 1007-1011.
 25. Perumal, K. and R. Bhaskaran. 2010. Supervised classification performance of multispectral images. *Journal of Computing*, 2 (2): 124-129.
 ۲. راهداری، و.، س. ملکی نجف آبادی، و م. رهنما. ۱۳۸۸. مقایسه روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره (نظارت شده و نظارت نشده) در تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش اراضی مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: پناهگاه حیات وحش موه). همایش ملی ژئوماتیک ۸۸، تهران.
 ۳. ریاحی بختیاری، ح. ۱۳۷۹. تعیین مناسب‌ترین روش تهیه نقشه پوشش منابع طبیعی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در منطقه دشت ارژن، پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
 ۴. درویش صفت، ع.ا. و ش. شتایی، ۱۳۷۶. تهیه نقشه جنگل به کمک داده‌های لندست- تی ام به روش رقومی، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۰ (۲): ۳۵-۴۰.
 ۵. زاهدی فرد، ن. ۱۳۸۱. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حوزه آبخیز بافت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
 ۶. فتاحی، م. م. ع. ا. نوروزی، ع. ا. آبکار، و س. ع. خلخالی. ۱۳۸۶. مقایسه روش‌های طبقه‌بندی و تهیه نقشه استفاده از اراضی (Landuse) مناطق خشک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. پژوهش‌های سازندگی در منابع طبیعی، ۷۶: ۱۲۹-۱۳۵.
 ۷. ساروئی، س. ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه‌بندی جنگل به لحاظ تراکم در جنگل‌های زاگروس به کمک داده‌های ماهواره‌ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
 ۸. سفینیان، ع. ر. ا. محمدی توفیق، ل. خداکرمی ف. امیری. ۱۳۹۰. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کیودرآهنگ، رزن و خونجین-تلخاب در استان همدان)، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی ۲(۱): ۱-۱۱.
 9. Al-Ahmadi, F. S. and A. S. Hames. 2009. Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from raw satellite images for some remote arid areas, Kingdom of Saudi Arabia. *JKAU, Earth Science*, 20 (1): 167-191.
 10. Brian, W. S., C. Qi and B. Michael. 2011. A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones. *Applied Geography*, 31: 525-532.
 11. De Moraes, J. F. L., F. Seyler, C. C. Cerri and B. Volkoff. 1998. Land cover mapping and carbon pools estimates in Rondonia, Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (5): 921-934.
 12. Dixon, B. and N. Candade. 2008. Multispectral land use classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both,

- multiple approaches in Tsukuba City, Japan. *Applied Geography* 29, 135-144.
28. Richards, J. A. 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer-Verlag, Berlin, 240 p.
26. Qiu, F. and J. R. Jensen. 2004. Opening the black box of neural networks for remote sensing image classification. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9): 1749-1768.
27. Rajesh, B. T. and M. Yuji. 2009. Urban mapping, accuracy, & image classification: A comparison of



Comparison of different classification algorithms in satellite imagery to produce land use maps (Case study: Noor city)

S. Yousefi ^{1*}, M. Tazeh ², S. Mirzaee ³, H. R. Moradi ⁴, Sh. Tavangar ¹

1. MSc. Student of Watershed Engineering, College of Natural Resources, Tarbiat Modares University

2. Assis. Prof. College of Natural Resources, Yazd University

3. MSc. Student of Watershed Engineering, College of Natural Resources, Lorestan University

4. Assoc. Prof. College of Natural Resources, Tarbiat Modares University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 October 2013

Accepted 15 May 2014

Available online 15 September 2014

Keywords:

Kappa coefficient

Image classification

Land use

Remote sensing

Noor city

ABSTRACT

Land use mapping is one of the key factors in studies of environment and natural resources management. Mapping land use is often one of the most expensive parts of natural resources and environmental projects. Satellite data is one of the fastest and most cost-effective methods for mapping land use that is available for researchers. In recent years, researchers from the different methods of land use maps have been produced using this data. There is the different method to classify the images. Each method has advantages and disadvantages. The aim of this research is to determine the best images nine supervised classification methods to extract land use map of the Noor city by ETM⁺ sensor. The results showed that the SVM classification by 0.9503 factor kappa coefficient and 90.94% overall accuracy is better than other methods. The accuracy of the order of priority 9 that is, SVM, Neural network, Mahalanobis distance, Maximum likelihood, Minimum distance from the mean, Spectral angle mapper, Spectral information divergence, parallel piped and binary code. All the research results of this study can be using the correct classification. Land use maps can be extracted with higher accuracy.

* Corresponding author e-mail address: ssaleh.yousefi@yahoo.com