



مقاله پژوهشی

مقایسه الگوریتم‌های طبقه‌بندی نوع کاربری در تهیه نقشه کاربری اراضی در حوزه آبخیز زنوز چای استان آذربایجان شرقی

حمیدرضا مرادی^۱ و ولی رضایی^۲

۱- استاد گروه آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس (hmradi@modares.ac.ir)

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۹

صفحه: ۸۰ تا ۸۸

چکیده

یکی از فاکتورهای مهم در مطالعات منابع طبیعی و محیط زیست شناخت کاربری‌ها و تعیین سطح گسترش آنها در منطقه است. داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌های تهیه نقشه کاربری اراضی است. پژوهش حاضر، با هدف تعیین بهترین الگوریتم طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای TM شهریور ماه سال ۱۳۹۰، از بین ۶ روش طبقه‌بندی نظارت شده شامل حداکثر احتمال^۱، متوازی السطوح^۲، حداقل فاصله از میانگین^۳، مستطیل‌های موازی^۴، ماشین بردار پشتیبان^۵ و کدهای دو تایی^۶ به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز زنوز چای انجام گرفت. برای کاربری‌های مرتع، بایر و رها شده و باغات بطور جداگانه ۳۰ نمونه تعلیمی و برای کاربری بدلدن ۴۵ نمونه تعلیمی با استفاده از نقاط کنترل زمینی تهیه شد. نتایج به دست آمده با استفاده از معیار صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولیدکننده و صحت کاربر برای تصویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی شده منطقه، مورد ارزیابی قرار گرفتند. بررسی صحت طبقه‌بندی تصویر TM، نشان داد که الگوریتم حداکثر احتمال صحت کلی (۷۳/۸۴ درصد) و ضریب کاپای ۰/۶۵، از کارایی بالاتری نسبت به دیگر روش‌ها در طبقه‌بندی تصویر در چهار کلاس کاربری اراضی برخوردار است. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از روش حداکثر احتمال به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی نسبت به روش‌های دیگر قابلیت بیشتری دارد. از نتایج پژوهش حاضر می‌توان برای تهیه نقشه کاربری اراضی با دقت بالاتر با استفاده از روش حداکثر احتمال در کارهای ارزیابی محیط زیست و منابع طبیعی در مناطق با شرایط مشابه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم طبقه‌بندی، حوزه آبخیز زنوز چای، سنجنده TM، کاربری اراضی

مقدمه

یوسفی (۳۱) در استان مازندران به مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی پرداخته و روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۹۰/۹۴ را به عنوان بهترین روش طبقه‌بندی به دست آوردند. اصغری سراسکانرود و همکاران (۲) نقشه کاربری اراضی را در شهر زنجان با استفاده از الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء گرا استخراج نمودند. نتایج بدست آمده نشان داد که از بین روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه مورد استفاده، روش‌های طبقه‌بندی حداکثر احتمال و روش حداقل فاصله از میانگین به ترتیب با ضریب کاپای ۰/۹۵ و ۰/۸۵ از دقت قابل قبولی برخوردار هستند. جواهری و همکاران (۱۵) در شهرستان کامیاران قابلیت روش‌های تهیه نقشه کاربری اراضی در ۹ کلاس کاربری را با استفاده از داده‌های سنجنده OLI تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۹۱/۴ و ضریب کاپا ۰/۸۸ از دیگر روش‌ها دقت بهتری دارد. یعقوب‌زاده و اکبرپور (۳۰) با بررسی تاثیر الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بر شماره منحنی رواناب و دبی حداکثر سیلاب با استفاده از سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی بدین نتیجه رسیدند که الگوریتم حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۷ بیشترین کارایی را دارد. اکبرپور و همکاران (۱) با استفاده از تصاویر ETM+ ماهواره لندست، نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز کامه را با استفاده از الگوریتم‌های مختلف

کاربری اراضی نشان‌دهنده فعالیت‌های انسانی برای تولید محصولات و ارائه خدمات برای جامعه می‌باشد. بنابراین شناخت کاربری اراضی کمک بسزایی به مدیریت صحیح منابع خواهد کرد جانسن و گرگوریو (۱۴)، داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌های مورد استفاده جهت تهیه نقشه کاربری اراضی است. تفسیر تصاویر چند طیفی به کاربران سنجنش از دور در راستای شناسایی کاربری اراضی کمک بسزایی می‌کند پاتول (۲۲). تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی رقومی، بر پایه اختلاف‌های طیفی پدیده‌های گوناگون بر روی باندهای مختلف طیفی استوار است. در این شیوه از استخراج اطلاعات مفید از داده‌های ماهواره‌ای، پیکسل‌های مختلف یک تصویر که هر یک خود نمایانگر قطعات کوچکی از زمین می‌باشند بر اساس خصوصیات طیفی‌شان دسته بندی می‌گردند. در اکثر پژوهشات روش حداکثر احتمال به عنوان دقیق‌ترین روش طبقه‌بندی نظارت شده معرفی شده است ساروئی (۲۸)، درویش صفت و شتابی (۶)، ریچارد (۲۷) و هوانگ و همکاران (۱۳). ماشین بردار پشتیبان (SVM)^۷ یک طبقه‌بندی کننده دودویی است که دو کلاس را با استفاده از یک مرز خطی جدا می‌کند. این الگوریتم با استفاده از تمامی باندها و یک الگوریتم بهینه‌سازی، نمونه‌هایی که مرز کلاسی را تشکیل می‌دهند به دست می‌آورد جنسون (۱۶). از مطالعات انجام شده بر روی روش‌های طبقه‌بندی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

1- Maximum likelihood

2- Mahalanovis distance

3- Minimum distance of mean

4- Parallel piped

5- Support vector motion

6- Binary codes

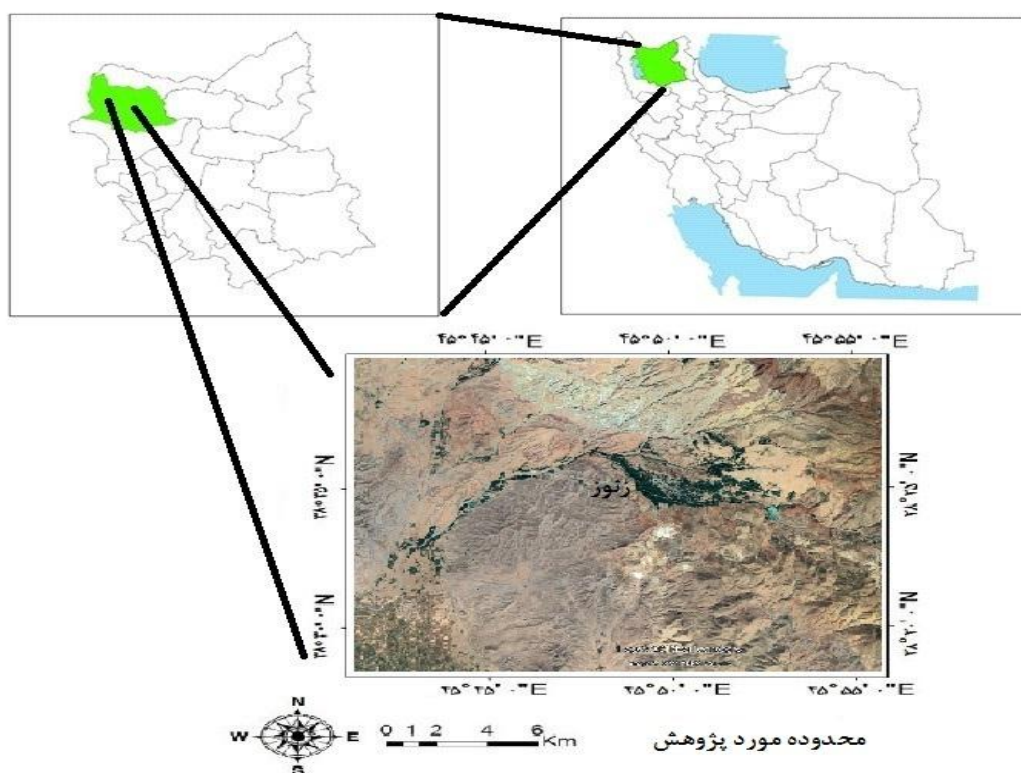
7- Support Vector Mashin

و نظارت نشده ابداع نمودند که کارایی بسیار بالایی (صحت کلی ۹۸/۲ درصد) در طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف داشت. از دیگر مطالعات انجام شده می‌توان به دموراس و همکاران (۷)، راجش و یوجی (۲۶) و پرومال و باسکاران (۲۳) اشاره نمود که نتایج بدست آمده از پژوهش آنها بیانگر کارآمد بودن الگوریتم‌های حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه کاربری اراضی می‌باشد. در حوزه آبخیز زنوز چای با اقلیم نیمه‌خشک و سیل‌خیزی بالا تعیین مناسب‌ترین الگوریتم طبقه‌بندی برای شناخت کاربری اراضی و تغییرات آن برای مدیریت بهتر منابع و کاهش مخاطرات اهمیت بسزایی دارد. در این پژوهش یکی از رخساره‌های مهم فرسایشی که حساسیت بالایی در فرسایش خاک و تولید رسوب و کاهش کیفیت آب منطقه دارد با استفاده از الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی مورد بررسی قرار می‌گیرد. طبقه بندی و شناسایی رخساره‌های فرسایشی و کاربری‌های واقع در حوزه‌های آبخیز نقش بسزایی در مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز خواهد داشت. این نتایج می‌تواند در اتخاذ راه‌کارهای مدیریتی و اجرایی برای جلوگیری از فرسایش تشدید و تخریب اراضی و بروز سیلاب‌ها که تهدیدی جدی بر ساکنین حوضه‌های آبخیز است کمک بسزایی نماید.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز زنوز چای بخشی از حوزه آبخیز رودخانه ارس است و در محدوده ۴۵°۱۲ تا ۴۶°۰۵ طول شرقی و ۳۸°۱۸ تا ۳۸°۴۷ عرض شمالی واقع گردیده است. حوزه آبخیز مورد مطالعه در منطقه معتدل کوهستانی قرار گرفته است که زمستان‌های بسیار سرد و تابستان معتدل دارد. متوسط بارندگی در آن حدود ۳۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. بیشتر مساحت منطقه‌ی مورد پژوهش کوهستانی بوده و شیب متوسط آن ۳۸ درصد است. جهت شیب غالب منطقه شرقی-غربی است. مساحت منطقه مورد مطالعه در حدود ۲۹۱ کیلومتر مربع می‌باشد. موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و استان در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

طبقه‌بندی تهیه نمودند. ایشان روش حداکثر احتمال را به عنوان بهترین الگوریتم طبقه‌بندی در حوضه آبریز مذکور معرفی نمودند. راهداری و همکاران (۲۵) با استفاده از تصاویر LIIIII ماهواره‌ی IRS نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی حیات وحش موته را تهیه نمودند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۹ دارای بیشترین صحت می‌باشد. لیبرتی و همکاران (۱۷) میزان دقت شناسایی کاربری اراضی را با استفاده از اطلاعات سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره لندست مورد بررسی قرار دادند. آنها الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده و نظارت نشده را به عنوان لایه‌های ورودی مورد آزمایش قرار دادند. ضرایب پایین کاپای بدست آمده (۰/۳-۰/۵) نشان داد که اطلاعات طیفی به تنهایی برای تشخیص صحیح کاربری بدلند در منطقه مذکور کارآمد نیست ولی می‌توان با دخالت دادن فاکتورهای شیب و جهت دامنه، بر این مشکل فائق آمد. ایشان در شناسایی بدلندها بهترین الگوریتم را طبقه‌بندی حداکثر احتمال و از تلفیق ۷ باند با نقشه‌های شیب و جهت دامنه با ضریب کاپای ۰/۷۵ را بدست آوردند. مناندهارامیتا و ایناکوآود (۱۹) در پژوهش‌های خود در منطقه نیو ساوت ولز استرالیا نقشه کاربری اراضی را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سنجنده TM بدست آورده و دریافتند که الگوریتم حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۷۲ از کارایی بالاتری برخوردار است. صحت نقشه به‌دست آمده با کاربرد تصحیحات قبل طبقه‌بندی تا ۰/۹۱ افزایش یافت. الاحمدی و هامس (۳) با پژوهش در مناطق خشک عربستان سعودی به مقایسه چهار روش طبقه‌بندی نظارت نشده و نظارت شده با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ پرداختند. نتایج نشان داد که روش حداکثر احتمال با ضریب کاپای ۰/۶۸ بیشترین صحت را دارد. الیزابت و همکاران (۸) در مطالعه‌ای در قسمتی از ایالت آریزونا آمریکا چند روش تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر TM را مورد مقایسه قرار داده و نتیجه گرفتند که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه کاربری اراضی دارای دقت خوبی است. محمدی و همکاران (۲۱) در مطالعه خود در حوضه آبخیز باغسالیان استان گلستان واقع در شمال ایران برای تهیه نقشه کاربری اراضی یک روش مصنوعی را با تلفیق روش‌های طبقه بندی نظارت شده



شکل ۱- نقشه ایران، استان و منطقه مورد پژوهش

Figure 1. Map of Iran, province and study area

مختلف زمینی از روش‌های مختلف بازسازی تصویر استفاده می‌گردد. در طبقه‌بندی، برای ایجاد کنتراست بهتر و وضوح بیشتر پدیده‌ها از باندهایی که با هم همبستگی کمتری دارند استفاده می‌شود.

تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه، پس از تکمیل عملیات پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده صورت گرفت. نمونه‌های تعلیمی با اندازه‌های کوچک و همگن که دارای پراکنش تقریباً یکنواختی در سطح منطقه مورد پژوهش بودند گردآوری شدند که تعداد آنها برای هر کاربری به‌طور جداگانه در جدول شماره (۱) نشان داده شده است. برای جلوگیری از ایجاد خطا در اثر تغییر کاربری، نزدیکی تاریخی نمونه‌برداری با زمان تصویربرداری ضروری می‌باشد. با توجه به تاریخ تصویر TM برای طبقه‌بندی آن در کاربری‌های باغات، بدلند، مرتع و بایر و رها شده، با استفاده از دستگاه GPS نمونه‌های تعلیمی به تعداد ۱۳۵ عدد در خرداد ماه سال ۱۳۹۱ تهیه شدند. شناسایی بدلندها از روی تعداد زیاد خندق‌ها در دامنه‌های شیب دار، رسوبات مارنی و رسی خاکستری رنگ و نبود پوشش گیاهی مناسب صورت گرفت. مراتع پوشش گیاهی بهتری نسبت به اراضی بایر و رها شده داشته قابل تفکیک می‌باشند. در تهیه این نمونه‌ها و اطمینان از عدم تغییر نوع کاربری در سال‌های گذشته از تصاویر ثبت شده در آرشو گوگل ارث استفاده گردید.

روش پژوهش

در این پژوهش تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست (شهریور ۲۰۱۰) مورد استفاده قرار گرفت و به منظور تصحیح هندسی تصویر از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱۸ نقطه کنترل زمینی ثبت شده توسط دستگاه GPS^۱ استفاده شد. نقاط کنترل زمینی از تقاطع جاده‌ها، آبراهه‌ها و عوارض مشخص و ثابت زمینی و با پراکنش مناسب تهیه شدند. پس از به‌کارگیری روش ناپارامتری چند جمله‌ای و حذف نقاط نامناسب، تصحیح هندسی با تعداد ۱۸ نقطه کنترل زمینی صورت گرفت. میزان خطای ریشه مربعات برای تصویر TM، (۰/۱۷) پیکسل به‌دست آمد. به منظور بازیابی بازتابندگی سطح، مؤلفه‌های اتمسفری باید کاهش یا حذف شوند. این همان تصحیح اتمسفری است که روی داده‌های هایپریون اعمال می‌شود حاجیت و همکاران (۱۲). این تصحیح در نرم‌افزار ENVI 4.8 با استفاده از ماژول FLAASH انجام شد. ماژول FLAASH خطاهای اتمسفری طول موج‌های مرئی، مادون قرمز، مادون قرمز کوتاه را تصحیح می‌کند گولدري و همکاران (۱۱). پارامترهای مختلفی که برای اعمال FLAASH روی تصاویر مورد نیاز می‌باشد از فایل فراداده همراه تصویر بدست می‌آید. بعد از اعمال FLASH، ابهام و مه‌گرفتگی در تصویر کاهش یافته و عوارض موجود در تصویر واضح‌تر به نظر می‌رسد گولدري و همکاران (۱۱). پس از جداسازی محدوده مورد مطالعه جهت افزایش کنتراست و وضوح داده‌های اولیه ماهواره‌ای و تشخیص بهتر پدیده‌های

1- Global positioning system

جدول ۱- مشخصات نمونه‌های تعلیمی

Table 1. Specifications of educational examples

کاربری اراضی	مساحت (هکتار)	تعداد نمونه تعلیمی	نمونه تعلیمی و شاهد (تعداد پیکسل)
بدلند	۹۸۳۰	۴۵	طبقه‌بندی ۸۵۱ / ارزیابی ۲۵۱
باغات	۲۸۰۰	۳۰	۹۶۰ / ۲۳۷
بایر و رها شده	۳۱۷۰	۳۰	۶۳۹ / ۲۴۲
مرتع	۱۳۳۷۰	۳۰	۴۵۸ / ۱۳۲

کاپا تکنیک چند متغیره گسسته‌ای است که اگر یک ماتریس خطا تفاوت معنی‌داری با دیگری داشته باشد، در ارزیابی صحت برای تصمیم‌گیری‌های آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص K در واقع معرف اختلاف بین توافق واقعی در داده‌های مرجع و یک طبقه‌بندی کننده خودکار و توافق احتمالی بین داده‌های مرجع و طبقه‌بندی کننده تصادفی است که بر اساس رابطه (۲) تعریف می‌شود.

رابطه (۲)

(احتمال توافقی - ۱) / (دقت مشاهده شده) = K

اگر مقدار کاپا صفر باشد نشان‌گر یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی است و اگر مقدار شاخص کاپا یک باشد نشان‌دهنده یک طبقه‌بندی کاملاً صحیح است و مقدار منفی نیز به معنی وجود خطا در طبقه‌بندی است. دقت تولیدکننده از رابطه (۳) محاسبه شد.

رابطه (۳)

$$PA = \frac{a_{tt}}{\sum_{i=1}^N a_{ki}}$$

که در آن a_{tt} تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده و $\sum_{i=1}^N a_{ki}$ جمع تعداد پیکسل‌هایی که به عنوان نمونه‌های آموزشی آن طبقه مورد استفاده قرار گرفته‌اند دقت کاربر از رابطه (۴) قابل محاسبه است.

رابطه (۴)

$$UA = \frac{a_{ii}}{\sum_{i=1}^N a_{ik}}$$

که در آن a_{ii} معرف تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده و $\sum_{i=1}^N a_{ik}$ مساوی با تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی مورد نظر است علوی‌پناه و مسعودی (۵).

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز زنوز با استفاده از ۶ روش طبقه‌بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین، مستطیل‌های موازی، متوازی السطوح و کدهای دوتایی انجام گردید. نتایج در شکل (۲) ارائه شده است. برای تعیین صحت طبقه‌بندی از معیارهای صحت کلی، کاپا، صحت کاربر و صحت تولیدکننده استفاده شد. در منطقه مورد پژوهش الگوریتم حداکثر احتمال با معیار کاپا و صحت کلی ۰/۶۵ و ۷۳/۸۴ در طبقه‌بندی چهار کلاس کاربری اراضی از خطای کمتری برخوردار است. پس از روش حداکثر احتمال به ترتیب

در تهیه نمونه‌های تعلیمی تا حد امکان از مرکز سطوح با کاربری‌های مشخص نمونه‌برداری به عمل آمد. در حدود ۷۰ درصد نمونه‌های تهیه شده برای آموزش و ۳۰ درصد آن‌ها برای صحت سنجی طبقه‌بندی در نظر گرفته شدند (جدول ۱). با استفاده از نمونه‌های تعلیمی به دست آمده از نقاط کنترل زمینی طبقه‌بندی به ۶ روش حداکثر احتمال، متوازی السطوح، حداقل فاصله از میانگین، مستطیل‌های موازی، ماشین بردار پشتیبان و کدهای دوتایی در محیط نرم‌افزار ENVI 4.8 انجام گردید. روش حداکثر احتمال در اکثر پژوهشات و مطالعات به عنوان دقیق‌ترین روش طبقه‌بندی معرفی شده است ریچاردسند (۲۷). این روش طبقه‌بندی از توزیع نرمال گوسی پیروی می‌کند و برای طبقه‌بندی‌های چند طبقه مناسب‌تر است. روش متوازی السطوح بسیار شبیه به روش حداقل فاصله از میانگین می‌باشد با این تفاوت که در این روش از ماتریس کوواریانس نیز استفاده می‌شود و فرض می‌شود که هیستوگرام باندها به صورت نرمال می‌باشد ریچاردسند (۲۷). در روش طبقه‌بندی حداقل فاصله از میانگین پس از تعیین مقادیر میانگین طبقه‌بندی در هر باند، با مشخص شدن پیکسلی که میانگین ارزش طبقه‌بندی 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 را با میانگین دارد. روش طبقه‌بندی مستطیل‌های موازی یکی از روش‌های رایج طبقه‌بندی تصاویر است که 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 و مهمترین ایراد این روش عدم طبقه‌بندی بعضی از پیکسل‌های تصویر می‌باشد. ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های جدیدی است که جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی استفاده می‌شود جنسن (۱۶).

صحت‌سنجی طبقه‌بندی

روش‌های مورد استفاده برای صحت‌سنجی طبقه‌بندی شامل صحت تولیدکننده، صحت کاربر، صحت کلی و ضریب کاپا می‌باشد. دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها بر اساس رابطه (۱) بدست می‌آید.

$$OA = \sum p_{ij} / N \quad (۱)$$

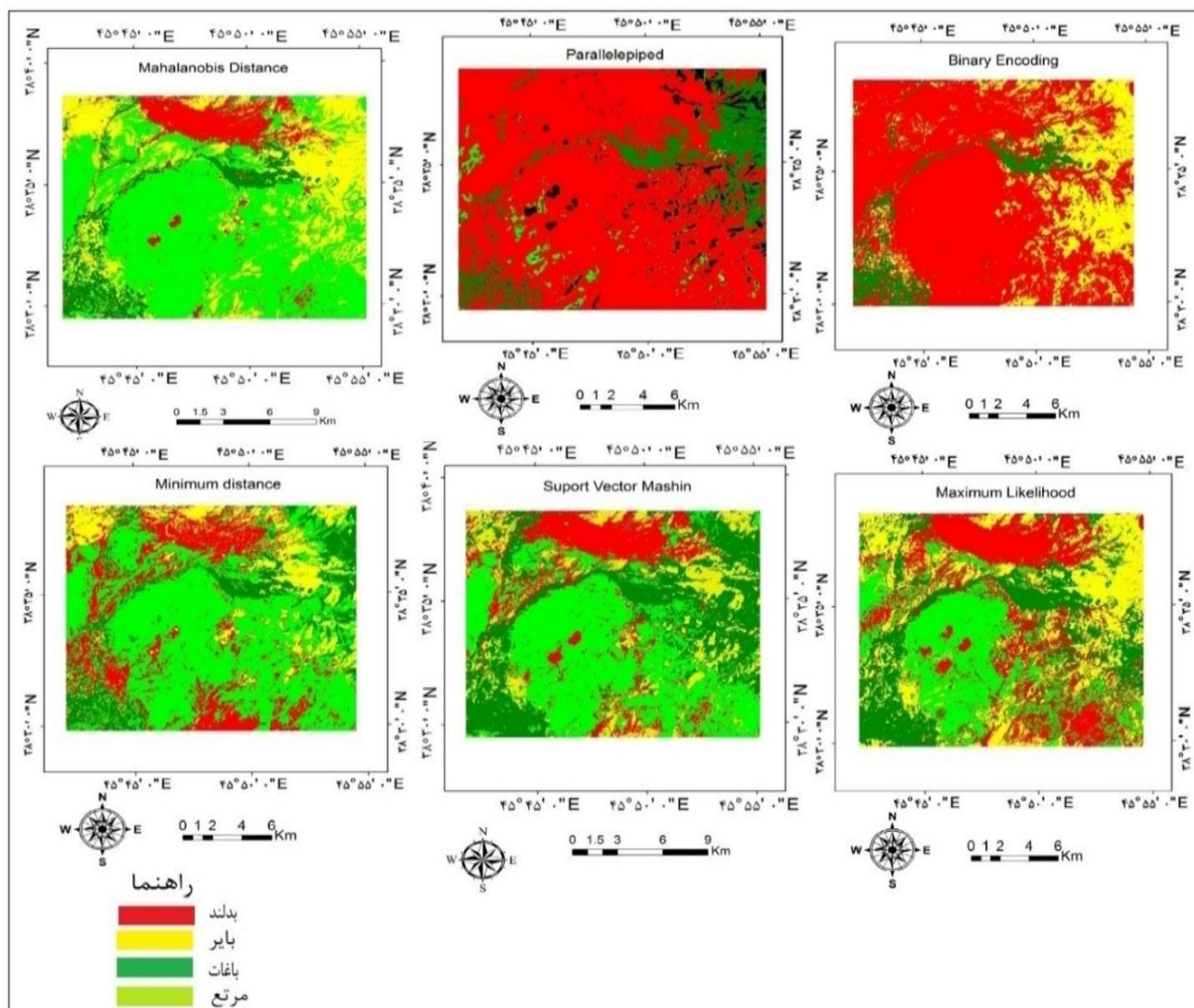
که در آن: OA دقت کلی، N تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی و $\sum p_{ij}$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد. ضریب

روش‌های ماشین بردار پشتیبان و حداقل فاصله از میانگین خطای کمتری در طبقه‌بندی کلاس‌های کاربری اراضی داشتند. کمترین معیار کاپا و صحت کلی به ترتیب با ۰/۰۶ و ۰/۱۹ در طبقه‌بندی چهار کلاس کاربری اراضی مربوط به الگوریتم طبقه‌بندی کدهای دودویی می‌باشد. نتایج به دست آمده از صحت‌سنجی روش‌های طبقه‌بندی در جدول (۲) نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری

در اختیار داشتن نقشه‌های کاربری اراضی جدید در بسیاری از زمینه‌ها از جمله مدیریت کشاورزی و منابع طبیعی و برنامه‌ریزی برای سرزمین از اهمیت بسیاری برخوردار است. داده‌های سنجش از دور از پتانسیل بالایی برای تهیه نقشه‌های بروز کاربری و پوشش اراضی برخوردارند. هدف از این پژوهش ارزیابی روش‌های تهیه نقشه کاربری اراضی شهر زنوز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. در این پژوهش از دو معیار صحت کلی و ضریب کاپا برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی استفاده شده است. بررسی صحت نتایج برای طبقه‌بندی تصویر TM، نشان داد که الگوریتم‌های پیشینه درست‌نمایی و ماشین بردار پشتیبان به ترتیب با ضرایب صحت کلی (۷۳/۸۴ و ۷۰/۹۳ درصد) و ضریب کاپای (۰/۶۵ و ۰/۶۱) از کارایی بهتری برای طبقه‌بندی تصویر در چهار کلاس کاربری اراضی غالب در منطقه برخوردارند. کمترین میزان صحت کلی (۳۷/۷۹ و ۰/۱۹ درصد) و ضریب کاپا (۰/۱۴ و ۰/۰۶) به ترتیب برای الگوریتم‌های مستطیل‌های موازی و کدهای دوتایی به دست آمد. بیشترین ضرایب صحت کاربر و تولید کننده، برای کلاس کاربری بدلدن مربوط به الگوریتم پیشینه درست‌نمایی و به ترتیب برابر با ۹۲/۳۱ و ۴۷/۰۶ می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه الگوریتم مستطیل‌های موازی از کارایی مناسبی برای تفکیک کاربری‌ها از روی تصاویر ماهواره‌ای TM برخوردار نیست. عملکرد الگوریتم کدهای دوتایی به صورت صفر و یک است و با افزایش

کلاس کاربری به بیش از دو کلاس صحت طبقه‌بندی به شدت کاهش می‌یابد محمدی و همکاران (۲۱). از مزایای روش حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، اختصاص پیکسل‌های نامعلوم بر مبنای واریانس و میانگین ارزش پیکسل‌ها نسبت به کلاس‌های کاربری اراضی است و پیکسل‌های شناخته شده برای تخمین ویژگی‌های آماری هر رده موضوعی به کار می‌روند. هر رده موضوعی به طور آماری بوسیله تابع تراکم احتمال چند متغیره توصیف می‌شود. تابع تراکم، احتمالاتی که موجب می‌شود الگوی طیفی رده‌های موضوعی در یک منطقه طیفی قرار گیرد را نشان می‌دهد. الگوریتم حداکثر، یک پیکسل ناشناخته را به طبقه یا حداکثر احتمال تراکم در منطقه طیفی پیکسل ناشناخته طبقه‌بندی می‌کند. این الگوریتم بیشترین کار برد را در سیستم‌های تصویرپردازی انفعالی رقومی دارد. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از روش حداکثر احتمال به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه نسبت به روش‌های حداقل فاصله از میانگین، مستطیل‌های موازی و کدهای دوتایی قابلیت بیشتری دارد. در این پژوهش یکی از رخساره‌های مهم فرسایشی که حساسیت بالایی در فرسایش خاک و تولید رسوب و کاهش کیفیت آب منطقه دارد با استفاده از الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی مورد بررسی و شناسایی گردید. طبقه‌بندی و شناسایی رخساره‌های فرسایشی و کاربری‌های واقع در حوزه‌های آبخیز نقش بسزایی در مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز خواهد داشت. نتایج حاصله با یافته‌های (۳۲،۳۰،۲۹،۲۱،۱۹،۱۸،۱۷،۱۵،۱۰،۹،۵،۴،۲) هم‌خوانی دارد. در پایان بر اساس نتایج پژوهش حاضر جهت تهیه نقشه کاربری اراضی کشاورزی و منابع طبیعی از تصاویری با قدرت تفکیک مکانی بالا و روش طبقه‌بندی شی گرا که علاوه بر عامل طیفی، عامل مکانی را در طبقه‌بندی می‌افزاید پیشنهاد می‌شود.



شکل ۲- طبقه‌بندی تصویر TM و تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از شش روش در این پژوهش
Figure 2. Image classification TM and land use mapping using six methods in this study

جدول ۲- ضرایب صحت به‌دست آمده از ۶ روش طبقه‌بندی نظارت شده تصویر TM منطقه زنوز
Table 2. Accuracy coefficients obtained from 6 methods of supervised image classification TM Zenoz region

روش طبقه‌بندی	کاربری	صحت تولید کننده	صحت کاربر	ضریب کاپا	صحت کلی
حداکثر احتمال	بدلند	۴۷/۰۶	۹۲/۳۱	۰/۶۵	۷۳/۸۴
	باغات	۱۰۰/۰۰	۷۵/۵۱		
	بایر و رها شده	۶۹/۰۵	۶۹/۰۵		
	مرتع	۸۸/۱۰	۶۷/۲۷		
حداقل فاصله از میانگین	بدلند	۴۷/۰۶	۶۴/۸۶	۰/۵۶	۶۶/۸۶
	باغات	۱۰۰/۰۰	۵۹/۶۸		
	بایر و رها شده	۶۴/۲۹	۷۱/۰۵		
	مرتع	۶۴/۲۹	۷۷/۱۴		
متوازی السطوح	بدلند	۳۳/۳۳	۹۴/۴۴	۰/۵۷	۶۸/۰۲
	باغات	۱۰۰/۰۰	۵۷/۸۱		
	بایر و رها شده	۶۶/۶۷	۷۱/۷۹		
	مرتع	۸۳/۳۳	۶۸/۶۳		
ماشین بردار پشتیبان	بدلند	۴۷/۰۶	۹۲/۳۱	۰/۶۱	۷۰/۹۳
	باغات	۱۰۰/۰۰	۶۴/۹۱		
	بایر و رها شده	۷۱/۴۳	۶۶/۶۷		
	مرتع	۷۳/۸۱	۷۰/۴۵		
کدهای دوتایی	بدلند	۸۰/۰۰	۳۵/۳۴	۰/۰۶	۰/۱۹
	باغات	۰/۰۰	۰/۰۰		
	بایر و رها شده	۳۷/۷۸	۲/۵۵		
	مرتع	۲/۷۸	۲/۹۴		
مستطیل‌های موازی	بدلند	۷۴/۵۱	۳۰/۸۹	۰/۱۴	۳۷/۷۹
	باغات	۰/۰۰	۰۰/۰		
	بایر و رها شده	۶۴/۲۹	۶۱/۳۶		
	مرتع	۰/۰۰	۰/۰۰		

منابع

1. Asghari Saraskanroud, S., B. Khodabandeloo, A. Naseri and A. Moradi. 2019. Land use map extraction Oriented using a comparison of different base and object pixel classification algorithms Case study: Zajan province, Scientific - Research Quarterly of Geographical Data, 28(110) (In Persian).
2. Akbarpour, A., M.B. Sharifi and H. Memarian Khalilabad. 2006. Comparison of Fuzzy Methods and Maximum Likelihood in Land Use Planning Using ETM Data (Case Study of Kameh Basin), Quarterly Journal of Rangeland and Desert Research, 13: 13-32 (In Persian).
3. Al-Ahmadi, F. and 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.
4. Alatorre, L.C. and S. Begueria. 2009. Identification of Eroded Areas Using Remote Sensing in a Badlands Landscape on Marls in the Central Spanish Pyrenees, 76: 182-190.
5. Alavi_Panah, S.K. and M. Masoudi. 2001. Preparation of land use map using Landsat TM satellite digital data and geographic information system (case study: Fars Muk area). Journal of Agricultural Science and Natural Resources. Number one, 65-76 (In Persian).
6. Darvish Adrat, A.S. and Sh. Acceleration. 1997. Preparation of forest map with data from landsat TM in digital technique, Iranian Journal of Natural Resources, 50(2): 35-40 (In Persian).
7. De Moras, 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.
8. Elizabeth, A.W., L. William, C.G. Stefanov and H. Diane. 2006. Land use and land cover mapping from diverse data source for the arid urban environments. Computers, Environment and urban systems, 30(3): 320-346.
9. Fayzi Zadeh, B. 2007. Comparison of basic and object oriented pixel methods in land use plans, Master's Thesis, Faculty of Literature and Humanities, Tabriz University (In Persian).

10. Floras, S.A. and I.D. Sgouras. 1999. Use of geoinformation techniques in identifying and mapping areas of erosion in a hilly landscape of Central Greece. *Applied Earth Observation. Geoinform*, 1: 68-77
11. Golderi, S., A. Adler, Berk, L.S. Bernstein, S. Richtsmeier, P.K. Acharya and M.W. Matthew. 2012. Flaash, a moderans atmosferic correction package for hydrological data reterivals and simulations. *Spectral Sciences* 10216.
12. Hadjit, H., A. Oukebdane and A. Hafid Belbachir. 2016. Atmospheric correction of Earth-observation remote sensing images by Monte Carlo method. *J. Earth Syst. Sci.*, 022, No. 4, October 2016, pp: 0201-0264.
13. 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.
14. Jansen, L.J.M. and A. Di Gregorio. 2002. Parametric land cover and land-use classification as tools for environmental change detection. *Agriculture, Ecosystemsand Environment*, 91: 89-100.
15. Javaheri, S., A.A. Terahi and S.M. Tavakoli Saboor. 2019. Ability to prepare land use mapping methods using satellite images Case study: Kamyaran city, *Information System Application and Remote Sensing in Programming, Journal of Geographic Volume 01, Number 4*, 90-106.
16. Jensen, J. 2005. *Introductory digital image processing: A remote sensing prespective* (3rd ed.). upper Saddle river, NJ: Prentice Hall. 526 pp.
17. Liberti, M., T. Simoniello, M.T. Carone, R. Coppola, M.D. 'Emilio, M. Lanferdi and M. Macchiato. 2006. Baslands area mapping from landsat-ETM data proceedings of the 2nd workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover, 434-440.
18. Liberti, M., T. Simoniello, M.T. Carone, R. Coppola, M.D. Emilio and M. Macchiato. 2009. Mapping Badland Areas Using LANDSAT TM/ETM satellite imagery and morphological data, Potenza, Italy, *Geomorphology*, 106: 333-343.
19. Manandhar, R., I.O.A. Odeh and T. Ancev. 2009. Improving the Accuracy of Land use and Land cover Classification of landsat Data Using Post-Classification Enhancement, *Remote sensing*, 330-344.
20. 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.
21. Mohammdy, H., R. Moradi, H. Zeinivand and A.J.A.M. Temme. 2015. Comparison of supervised, unsupervised and synthetic land use classification methods in the north of Iran, *Int. J. Environ. Sci. and Technology*, 12: 1515-1526. DOI10/1007/s1376-014-0728-3, (In Persian).
22. Paul, M. 2004. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images*, Third Edition, University of Nottingham, 300-319.
23. Perumal, K. and R. Bhaskaran. 2010. Supervised classification performance of multispectral images. *Journal of Computing*, 2(2): 124-129.
24. Rasouli A.A. 2008. *Fundamentals of Remote Sensing with Emphasis on Satellite Image Processing*, Tabriz University Press, First Printing, 19-522 (In Persian).
25. Radical, A., S. Maleki Najafabadi and M. Guidance. 2009. Comparison of classification methods of satellite images (monitored and un monitored) in the preparation of land use maps and covering arid and semi-arid regions (Case study: Mouth Wildlife Refuge). *National Geomatics Conference*, Tehran (In Persian).
26. Rajesh, B.T. and M. Yuji. 2009. Urban mapping, accuracy, & image classification: A comparison of multiple approaches in Tsukuba City, Japan. *Applied Geography*, 29: 135-144.
27. Richards, J.A. 1999. *Remote sensing Digital image Analysis*, Springer-Verlag, Berlin, 240 pp.
28. Sarouei, S. 1999. Study of the possibility of forest classification in terms of density in Zagros forests using satellite data, Master's thesis, Tehran University (In Persian).
29. Torkashvand, A.M. 2010. The possibilty in proving soil surface erosion map by the supervised classification of ETM+ satellite images in a mountainous basion (Roodbar sub-basion, Guilan, Iran). *Scientific Research and Essays*, 5(3): 343-348.
30. Yaghobzadeh, M. and A. Akbarpour. 2009. Investigating the Effect of Satellite Image Categorization Algorithms on Runoff and Flood Excursion Maximum Flood Number Using GIS and RS, *Geography and Development No. 22* (In Persian).
31. Yousefi P. 2011. Comparison of Different Algorithms of Satellite Images Classification in Land Use Mapping (Case Study: Noor City), *Journal of Remote Sensing Application and GIS in Natural Resources Science (Year 2 / Issue 2)*, 23-33 (In Persian).
32. Yousefi, S., H.R. Moradi, H.R. Pourghasemi and R. Khatami. 2018. Assessment of floodplain landuse and channel morphology within meandering reach of the Talar River in Iran using GIS and aerial photographs. *Geocarto International*, 33:12, 1367-1380, <http://DOI.org/10.1080/10106049.2017.1353645>.

Comparison of Land use Type Classification Algorithms in the Land use Map preparation Inzenouzchai Watershed

Hamidreza Moradi¹ and Valli Rezaei²

-
- 1- Professor of Tarbiat Modares University, Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences Tarbiat Modares, University, (Corresponding author: hrmoradi@modares.ac.ir)
 2- M.Sc. Student of Tarbiat Modares University, Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences Tarbiat Modares, University

Received: April 29, 2021

Accepted: September 4, 2021

Abstract

Land use identification and determination of their spreading level in the region is one of important factors in the natural resources and environmental studies. Preparing land use map from satellite data is one of the fastest and most cost-effective methods. This study's aim is to determine the best algorithm for TM satellite images classification between 6 supervised classification methods including maximum likelihood, mahalanovis distance, minimum distance, parallel pipe, support vector machines and binary codes to extract land use map of Zenouz Chai watershed. For grassland, wasteland and abandoned and agricultural land use, 30 training samples and for badland land use 45 training samples were prepared separately using ground control points. Results were assessed for satellite image classified using by overall accuracy index, kappa coefficient, producer accuracy and user accuracy. Investigation of TM image classification accuracies showed that the maximum likelihood algorithm with overall accuracy coefficient (84/73 %) and kappa coefficient 65/0, have the higher efficiency for image classification into four land use classes. The results showed that maximum likelihood method has more capabilities than other methods for land use map preparing. Therefore, the results of this study can be used to provide land use maps with higher accuracy using maximum likelihood method to assessing the environment and natural resources works in the areas with the same situations.

Keywords: Classification algorithm, Land use, TMsensor, Zenouz Chai watershed