



بررسی قابلیت الگوریتم های **Parallel** و **Maximum Liklihood** ، **Minimum Distance**

در تهیه نقشه جنگل های زاگرس از روی تصاویر ماهواره لندست **epiped**

محمد رشید امینی

عضو مرکز رشد و مدرس GIS گروه جغرافیا دانشگاه رازی کرمانشاه

rashidamini@gmail.com

چکیده

در این تحقیق به منظور انتخاب بهترین الگوریتم برای طبقه بندی تصاویر ETM+ ماهواره لندست و تهیه نقشه جنگل در جنگل های آرمرده بانه سه الگوریتم **Minimum Distance**، **Maximum Liklihood** و **Parallel epiped** مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق از نسبت گیری های طیفی استفاده و باندهای مصنوعی مختلفی تهیه شدند. سپس مجموعه های باندی بدست آمده با استفاده از ۳ الگوریتم ذکر شده طبقه بندی شدند. پس از عمل طبقه بندی به ارزیابی صحت نتایج با استفاده از ضریب های صحت کلی و ضریب کاپا، مقادیر صحت تولید کننده، صحت کاربر و خطای **Ommission** و **Commission** پرداخته شد. نتایج تحقیق نشان داد که الگوریتم **Maximum Liklihood** دارای بالاترین صحت برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای و تهیه نقشه جنگل می باشد.

کلمات کلیدی: نقشه جنگل، تصاویر لندست، **Parallel epiped** و **Maximum Liklihood**، **Minimum Distance**

مقدمه

پایش و مدیریت جنگلها و جلوگیری از تخریب آنها یکی از ضروریات جوامع امروزی است. استفاده از فناوری های نوین در کسب اطلاعات از منابع طبیعی و جنگل و تهیه نقشه های مختلف به دلیل صرفه جویی در وقت و هزینه و دستیابی به دقت بالاتر در سال های اخیر کاربرد روز افزون به خود گرفته است. در این میان بررسی فناوری های نوین و ارزیابی روش های مختلف به منظور استفاده صحیح و دستیابی به بالاترین دقت مسئله ای است که باید مورد ارزیابی قرار گیرد. در تهیه نقشه جنگل از روی تصاویر ماهواره ای در صورتی که از روش و طبقه بندی کننده های مناسب استفاده نگردد نقشه حاصل دارای دقت مناسب نبوده



و ممکن است در تفسیر نتایج، اطلاعات نادرست کسب گردد. جنگل های غرب کشور که قسمت عمده ای از جنگل های زاگرس کشور را تشکیل می دهند از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند، دارای ویژگی های متفاوتی در مقایسه با جنگل های شمال کشور می باشند. با توجه به تخریب این جنگل ها به دلایل مختلف در دوره های گذشته تهیه نقشه به هنگام و به روز این جنگل ها می تواند در برنامه ریزی ها بسیار مفید واقع شود. از آنجا که تهیه نقشه گستره جنگل ها از طروق زمینی زمان بر و با صرف هزینه زیادی همراه بوده و از سویی عدم وجود منابع عکس های هوایی در چنین مناطقی یک نقیصه بشمار می رود، استفاده از تصاویر ماهواره ای با توجه به قابلیت آنها بعنوان گزینه جدید و قابل اتکا مطرح می گردد. قابلیت استفاده از تصاویر ماهواره ای در تهیه نقشه جنگل تاکنون در تحقیقات صورت گرفته اثبات شده است. (یوان و همکاران، ۲۰۰۵) با مطالعه روند تغییرات کاربری زمین در اطراف مناطق شهری با استفاده از داده های TM و ETM+ و ارزیابی صحت نقشه های به دست آمده با استفاده از عکس های هوایی به این نتیجه رسیدند که تهیه نقشه تغییرات پوشش سطح زمین با استفاده از داده های سنجش از دور امکان پذیر می باشد. اما آنچه که از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و شایان توجه می باشد، دستیابی به روش دقیق در تفسیر و استخراج اطلاعات از داده های سنجش از دوری می باشد. چنانچه اشاره شد قبل از بکارگیری تصاویر ماهواره ای در تهیه نقشه جنگل ارزیابی آنها با توجه به شرایط خاص منطقه و تعیین روش مناسب بسیار ضروری است. این تحقیق با هدف انتخاب الگوریتم مناسب در طبقه بندی تصاویر ETM+ ماهواره لندست به منظور تهیه نقشه جنگل در جنگل های آرمده بانه سه الگوریتم Minimum Distance, Maximum Likelihood و Parallel epiped را از بین الگوریتم های طبقه بندی نظارت شده^۱ مورد ارزیابی قرار داد. طبقه بندی یک فرآیند تصمیم گیری است که مقادیر وصفی در تصویر اولیه را به کلاس های اسمی جایگزین می کند لذا تصویر نهائی یک نقشه موضوعی است. در این میان انعطاف پذیری الگوریتم های طبقه بندی نقش اساسی در تهیه نقشه های موضوعی از جمله نقشه های کاربری اراضی و گستره جنگل را دارد. اصلی ترین مرحله یک طبقه بندی انتخاب الگوریتم مناسب برای طبقه بندی می باشد. با انتخاب یک الگوریتم مناسب برای طبقه بندی به شرط آنکه مراحل قبلی با صحت کافی انجام شده باشند نتایج طبقه بندی به واقعیت زمینی نزدیکتر شده و تفسیر نتایج فرایندی منطقی خواهد بود.

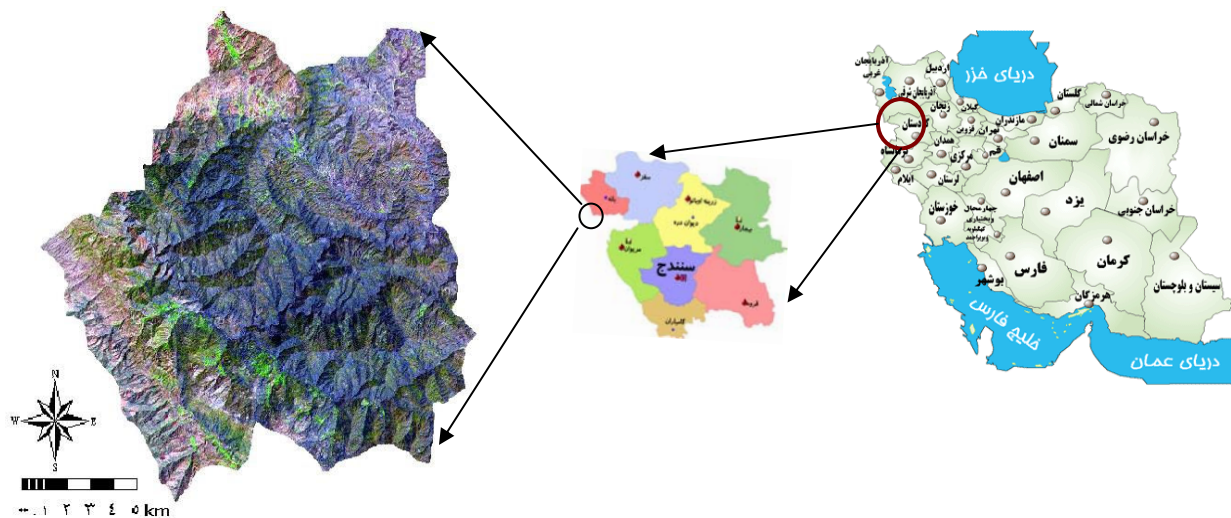
۱. Supervised Classification



مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در غرب استان کردستان و در محدوده شهرستان بانه واقع شده است. این منطقه با مساحت ۱۹۹۴۵ هکتار در محدوده ارتفاعی ۱۲۲۰ تا ۲۲۰۰ متر از سطح دریا بوده و به طور کلی منطقه ای تپه ماهور با کوه های اطراف می باشد و در محدوده جغرافیایی "۱۶° ۲' ۴۵" تا "۳° ۵۴' ۴۵" طول شرقی و "۵۷° ۴۷' ۳۵" تا "۴۴' ۵۷' ۳۵" عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه (ترکیب رنگی ۳،۴،۵ تصاویر ETM+)

داده های مورد استفاده

در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای و نقشه های توپوگرافی استفاده شد. تصاویر ماهواره ای سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ مربوط به مرداد ماه ۱۳۸۱ مورد استفاده قرار گرفتند. داده های ماهواره ای سنجنده ETM+ مربوط به شماره گذر ۱۶۸ و ردیف ۳۵ با قدرت تفکیک مکانی ۱۴/۲۵ متر برای باند پانکروماتیک و ۲۸/۵ متر برای باندهای چند طیفی (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷) و ۵۷



متر برای باند ۶، بودند که از باند ۶ به دلیل اندازه تفکیک مکانی بالا و نیز عدم پرداختن به ویژگیهای حرارتی پدیده ها در این تحقیق استفاده نگردید. همچنین از نقشه های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح نیز دو شیت به نامهای بانه و گرماب به ترتیب با شماره های ۵۱۶۱I و ۵۱۶۱IV که از عکس های هوایی سال ۱۳۳۴ به طریق فتوگرامتری تهیه شده اند، استفاده شد.

بررسی کیفیت هندسی و رادیومتری تصاویر ماهواره ای

پس از بررسی کیفیت هندسی و رادیومتری تصاویر سنجنده ETM+ مشخص شد که این تصاویر فاقد هر گونه خطای رادیومتری از قبیل وجود پیکسل های دارای ارزش نامتناسب و خطاهای راه راه شدگی بوده و همچنین دارای تطابق هندسی از نوع Ortho rectification بودند که تطابق دقیق نقشه آبراهه ها و جاده های استخراج شده از نقشه های توپوگرافی با این تصاویر گواه بر این موضوع بود.

ایجاد ترکیب رنگی و بهبود تباین

به منظور نمایش بهتر تصاویر و تشخیص عوارض مختلف بر روی تصویر از ترکیب رنگی حقیقی و ترکیبات رنگی کاذب از قبیل ترکیب باند های ۲،۳،۴ و ۱،۲،۳ و ۲،۳،۵ و ۲،۴،۷ و ... در این تحقیق استفاده شد.

نسبت گیری های طیفی

در بیشتر عملیات حسابی و نسبت گیری های طیفی از دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک استفاده می شود، زیر این دو باند ۹۰ درصد اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی را شامل می شوند. علاوه بر این در این دو باند، تمایز بین خاک و پوشش گیاهی حداکثر می باشد. در این تحقیق از نسبت های باند ۴ به باند ۲ و باند ۵ به باند ۲ استفاده و در طبقه بندی بکار گرفته شدند.

انتخاب کلاسه های لازم

به منظور تهیه نقشه گستره جنگل می توان مناطق جنگلی را از مناطق غیر جنگلی تفکیک نموده و باند های لازم را به منظور تفکیک این دو کلاسه انتخاب کرد. همچنین می توان در طبقه غیر جنگل سایر کاربریها را مشخص نمود و در نهایت این کلاسه ها را در هم ادغام کرده و نقشه مناطق غیر جنگلی را بدست آورد. در این تحقیق از دو روش مذکور استفاده و در یک مرحله

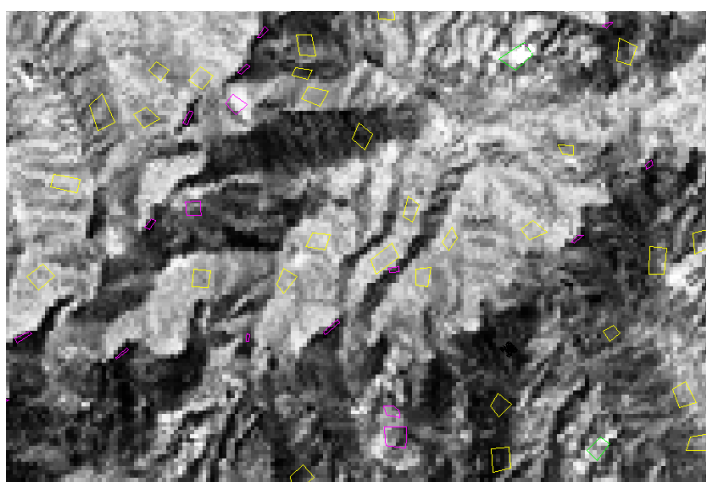


نمونه های تعلیمی جهت انتخاب باندهای مناسب به منظور تفکیک دو کلاسه جنگل و غیر جنگل و در مرحله دیگر به منظور تفکیک پوشش سطح زمین به کلاسه های جنگل، زراعت، باغ، مناطق مسکونی، مرتع و مناطق صخره ای تهیه شدند.

تهیه نمونه های تعلیمی

پس از تعیین تعداد و تعریف نوع کلاس های مورد استفاده در طبقه بندی نظارت شده جهت ادامه سایر مراحل طبقه بندی، باید تعداد پیکسل معلوم برای هدایت طبقه بندی به نرم افزار معرفی شود. در برای تهیه نمونه های تعلیمی لازم می توان از سه روش استفاده از نقشه های موجود، تفسیر تصاویر و برداشت زمینی کمک گرفت. برای این منظور در این تحقیق از دقیق ترین روش، یعنی بازدید مستقیم زمینی استفاده شد. بدین منظور یک شبکه تصادفی ساده از نقاط با پراکنش مناسب در سطح منطقه طراحی شد و با استفاده از دستگاه GPS به محل دقیق نقاط مراجعه کرده و کلاسه های جنگل، زراعت، باغ، مناطق مسکونی، مرتع و مناطق صخره ای، مشخص شده و محدوده هر یک برداشت گردید. بدین ترتیب نمونه های تعلیمی مورد نیاز در تمام سطح منطقه با پراکنش مناسب در هر کلاسه برداشت شده و نقشه آن تهیه گردید.

در این تحقیق با توجه به انتخاب کلاس های لازم برای طبقه بندی، نمونه های تعلیمی مناسب برای تعیین طبقات مورد نظر در دو مرحله انتخاب شدند. در یک مرحله نمونه های تعلیمی برای ۶ کلاس جنگل، زراعت، باغ، مناطق مسکونی، مرتع و مناطق صخره ای انتخاب شدند و در مرحله دیگر برای دو کلاس جنگل و غیر جنگل این کار صورت گرفت (شکل ۲).



شکل ۲. پراکنش نمونه های تعلیمی برای طبقه بندی ۶ کلاسه بر روی تصاویر ماهواره ای



لازم به ذکر است تجزیه کلاسه غیرجنگل به ۵ کلاسه زراعت، باغ، مناطق مسکونی، مرتع و مناطق صخره ای با توجه به پوشش و کاربری های زمین در منطقه صورت گرفته به طوری که به این ترتیب تمامی کاربری های عمده زمین در منطقه، مورد طبقه بندی قرار گرفتند.

بررسی تفکیک پذیری کلاسه ها

پس از انتخاب دقیق نمونه های تعلیمی برای بررسی تشابه آنها و میزان تفکیک پذیری کلاسه ها از روش ارزیابی کمی تفکیک پذیری استفاده و معیارهای فاصله باتاچاریا^۱ و شاخص واگرایی^۲ تبدیل شده، محاسبه گردید. تصاویر ماهواره ای نیز در محل نمونه های تعلیمی طبقه بندی شدند. در این طبقه بندی مقدماتی نمونه های تعلیمی، خود به عنوان واقعیت زمینی در جدول خطا ارائه شده و با استفاده از این روش نیز تفکیک پذیری کلاسه ها مشخص گردید.

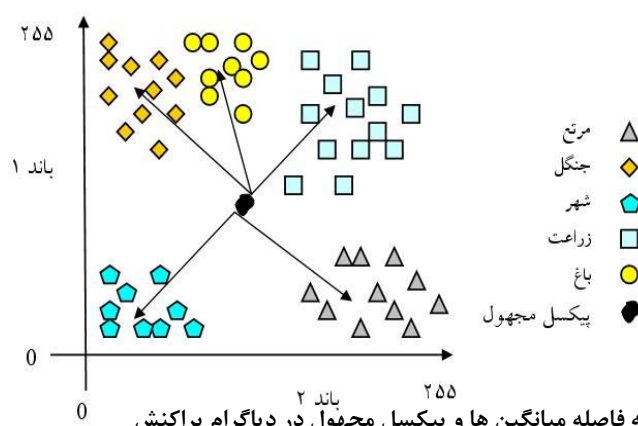
طبقه بندی تصاویر ماهواره ای

در این تحقیق از الگوریتم های کوتاه ترین فاصله^۳ و حداکثر احتمال^۴ و متوازی السطوح یا جعبه ای^۵، برای طبقه بندی تصاویر به روش نظارت شده استفاده شد. مجموعه های ۷ باندی منتخب و همچنین تصاویر ادغام شده هر کدام به دو کلاسه جنگل و غیر جنگل و همچنین به ۶ کلاسه جنگل، زراعت، باغ، مناطق مسکونی، مرتع و مناطق صخره ای طبقه بندی شدند.

الگوریتم Minimum Distance

اساس این الگوریتم بر محاسبه بردار میانگین هر کلاس (مقادیر میانگین در تمام باندها) و محاسبه فاصله پیکسل نامعلوم تا این میانگین ها در فضای چند طیفی می باشد. کلاسی از نمونه های تعلیمی که میانگین مقادیر آن کمترین فاصله را با پیکسل دلخواه داشته باشد به پیکسل نسبت داده خواهد شد. در این روش هر کلاس با بردار میانگین مقادیر آن شناخته می شود. بر این اساس منطق طبقه بندی همان منطق نزدیک ترین میانگین خواهد بود. (شکل ۳)

-
۱. Bhattacharyya Distance
 ۲. Transformed Divergence
 ۱. Minimum Distance Classifier
 ۲. Maximum Likelihood Classifier
 ۳. Parallel epiped or Box Classifier

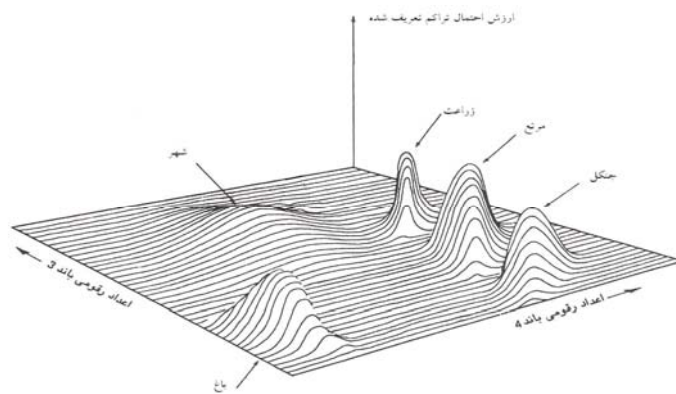


شکل ۳. محاسبه فاصله میانگین ها و پیکسل مجهول در دیاگرام پراکنش

پس از محاسبه فاصله، نوبت به انتخاب برجسب برای پیکسل مجهول می رسد. همانطور که اشاره شد در این طبقه بندی برجسب دهی بر اساس کمترین فاصله انجام می پذیرد. به این معنی که کلاسی به پیکسل نسبت داده خواهد شد که بردار میانگین آن کمترین فاصله را با بردار مقادیر پیکسل مجهول در فضای چند طیفی داشته باشد و همچنین این فاصله از یک مقدار مشخص کوچکتر باشد.

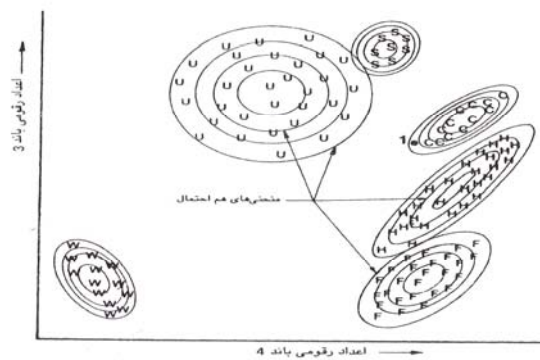
الگوریتم Maximum Likelihood

طبقه بندی کننده حداکثر احتمال یکی از رایج ترین و معروف ترین الگوریتم ها و روش های آماری طبقه بندی است. در این روش در مرحله اول بر اساس نمونه های تعلیمی طبقات، میانگین و جدول کوواریانس برای باندهای مورد استفاده در طبقه بندی محاسبه می شود و در مرحله دوم میزان احتمال تعلق پیکسل ها به هر یک از طبقات محاسبه شده و بر اساس بالاترین میزان احتمال، عمل طبقه بندی و اختصاص پیکسل ها به طبقات مختلف صورت می گیرد. (شکل ۴)



شکل ۴. تابع شدت احتمال تعریف شده به وسیله الگوریتم حداکثر احتمال

الگوریتم حداکثر احتمال با استفاده از فرمول توزیع نرمال چند بعدی، سطوح تصمیم گیری را به شکل کوادراتیک^۷ تشکیل می دهد که در نتیجه این سطوح شکل سهمی، بیضوی و دایره خواهند داشت (شکل ۵). این شکل از سطوح تصمیم گیری انعطاف بیشتری را در تقسیم بندی فضای چند طیفی به دست می دهد.



۱. Quadratic

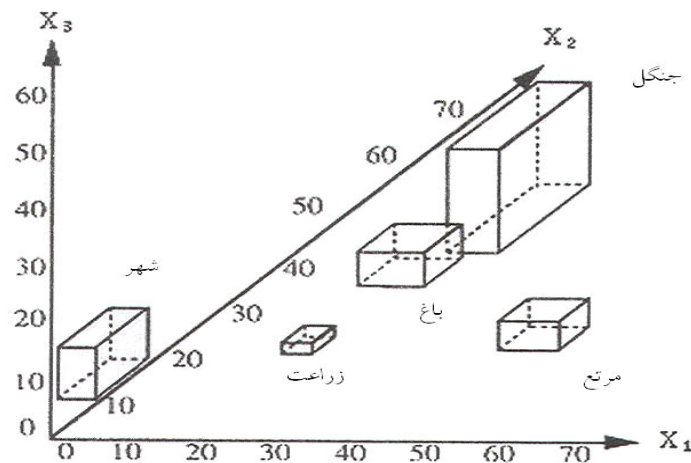


شکل ۵. منحنی های هم احتمال سطوح تصمیم گیری الگوریتم حداکثر احتمال

این روش حساسیت زیادی به نمونه های تعلیمی از لحاظ کیفی و کمی دارد. بنابراین انتخاب نمونه های تعلیمی به دقت زیادی نیاز داشته و این مرحله معمولاً در اثر عوامل مختلفی دارای خطا میشود. از آنجاییکه طبقه بندی حداکثر احتمال نیاز به محاسبه واریانس ها و اعمال آنها در فرایند طبقه بندی دارد به هر گونه خطای موجود در محله تمرینی نیز حساس است.

الگوریتم Parallel epiped

اساس این الگوریتم بر بررسی هیستوگرام باندهای تصویر است. این روش نظارت شده طبقه بندی، با یافتن مقادیر حداقل و حداکثر پیکسل های نمونه تعلیمی هر کلاس در هر باند یک محدوده جعبه ای شکل در دیاگرام پراکنش ایجاد می کند. پس از مشخص کردن محدوده هر کلاس در فضای چندطیفی که به صورت جعبه های چند بعدی می باشند نوبت به برجسب دهی پیکسل های دیگر می رسد. در این روش کلاسی به پیکسل نسبت داده می شود که پیکسل درون جعبه آن (در فضای چندطیفی) قرار گیرد. (شکل ۶)



شکل ۶. مفهوم طبقه بندی متوازی السطوح در دیاگرام پراکنش

پس پردازش نتایج طبقه بندی



برای بالا بردن دقت طبقه بندی و یا برای رسیدن به اهداف خاصی که در هر تحقیق دنبال می شود در بعضی موارد پس از طبقه بندی تصاویر، نتایج مورد اصلاح قرار می گیرند. در این تحقیق پس از اتمام طبقه بندی، نقشه های حاصل با ۲ و ۶ کلاس به دست آمدند که دارای تک پیکسل های پراکنده ای در سطح تصویر بودند. به منظور حذف تک پیکسل های نتایج طبقه بندی از فیلتر نما^۱ با ابعاد ۷×۷ استفاده شد.

یکی دیگر از پردازش هایی که بر روی نتایج طبقه بندی لحاظ شد ادغام کلاس های نتایج طبقه بندی بود. پس از طبقه بندی تصاویر به ۶ کلاس ذکر شده، کلاس های زراعت، باغ، مناطق مسکونی، مرتع و مناطق صخره ای در هم ادغام شدند و به عنوان کلاس غیر جنگل در نظر گرفته شدند در نتیجه نقشه حاصل از این ادغام دارای ۲ کلاس جنگل و غیر جنگل شد.

نقشه واقعیت زمینی نمونه ای

به منظور ارزیابی صحت نتایج طبقه بندی لازم است که نقشه واقعیت زمینی صحیح و مناسب تهیه شده و نتایج حاصل از طبقه بندی با الگوریتم های مختلف با نقشه مذکور مقایسه شود. در این تحقیق با استفاده از روش نمونه برداری سیستماتیک تصادفی، یک شبکه نمونه برداری به ابعاد ۵۵۰ متر طراحی و بر روی نقشه منطقه پیاده شد و با مراجعه به منطقه، نوع پوشش سطح زمین از نظر جنگل یا غیر جنگل بودن در محل قطعات نمونه تعیین گردید.

نتایج

بررسی تفکیک پذیری کلاسه ها

در این تحقیق پس از انتخاب نمونه های تعلیمی مناسب در دو حالت، برای انتخاب بهترین مجموعه باندی و استفاده در طبقه بندی تصاویر به دو کلاس جنگل و غیر جنگل و همچنین به ۶ کلاس جنگل، زراعت، باغ، مناطق مسکونی، مرتع و مناطق صخره ای، کلاسه های فوق براساس اطلاعات آماری نمونه های تعلیمی و با استفاده از شاخص های تفکیک پذیری مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از ارزیابی کمی تفکیک پذیری کلاسه ها با استفاده از شاخص های فاصله باتاچاریا و شاخص تبدیل شده دایورجنس برای طبقه بندی دو کلاسه به ترتیب ۱/۴۵ و ۱/۸۶ و برای طبقه بندی ۶ کلاسه به ترتیب ۱/۷۲ و ۱/۸۷ را نشان می داد. همچنین از روش طبقه بندی مقدماتی تصاویر در محل نمونه های تعلیمی نیز برای بیان تفکیک پذیری کلاسه ها استفاده

^۱. Mode Filter

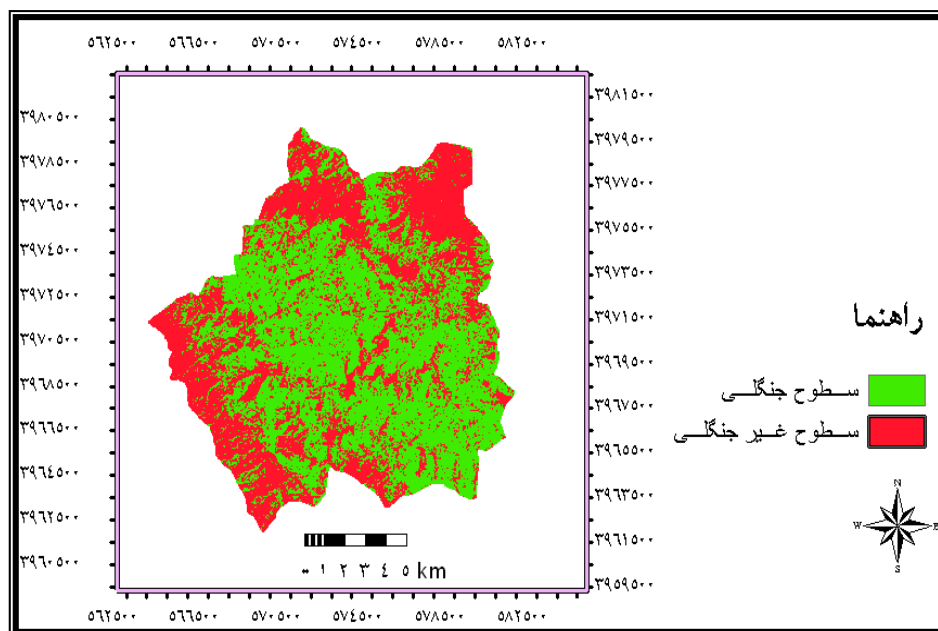


شد. در این روش که نمونه های تعلیمی خود به عنوان واقعیت زمینی در جدول خطا ارائه می شوند معیار صحت کلی برای طبقه بندی های ۲ و ۶ کلاسه به ترتیب ۹۴ و ۹۰/۳۵ به دست آمد.

ارزیابی صحت نتایج طبقه بندی

یکی از مراحل مهم پس از طبقه بندی، ارزیابی صحت نتایج می باشد. متداول ترین روش استفاده از نقشه واقعیت زمینی نمونه ای است به طوری که یک سری پیکسل های نمونه معلوم با پیکسل های متناظر در نتایج طبقه بندی از نظر صحت و درستی طبقات مورد مقایسه قرار می گیرد. در این تحقیق پس از طبقه بندی تصاویر مختلف با استفاده از سه الگوریتم حداقل فاصله،

متوازی السطوح و حداکثر احتمال نتایج بدست آمده مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج ارزیابی صحت تصاویر طبقه بندی شده با استفاده از نقشه واقعیت زمینی نشان داد که بالاترین صحت مربوط به طبقه بندی مجموعه ۷ باندهی منتخب برای طبقه بندی به دو کلاس جنگل و غیرجنگل با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال بود. صحت کلی و ضریب کاپای مربوط به ارزیابی صحت طبقه بندی تصویر مذکور به ترتیب ۸۱/۳٪ و ۶۴٪ بدست آمد. (شکل ۷).



شکل ۷. نقشه گستره جنگل حاصل از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای



نتایج ارزیابی دقت به صورت یک ماتریس ارایه می گردد که به آن ماتریس خطا^۹ می گویند. انواع پارامترها و مقادیری که بیانگر دقت و یا نوعی خطا در نتایج هستند از این ماتریس استخراج می شوند.

ماتریس خطا که ماتریس ابهام^{۱۰} و یا جدول احتمال^{۱۱} نیز نامیده می شود حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل های معلوم در واقعیت زمینی با پیکسل های متناظر در نتایج طبقه بندی است. از معیارهای متعددی برای بیان دقت و صحت طبقه بندی استفاده می گردد که از آن جمله می توان به معیار صحت کلی^{۱۲}، صحت تولید کننده^{۱۳}، صحت کاربر^{۱۴} و ضریب کاپا^{۱۵} اشاره

نمود. در این تحقیق ماتریس خطا تهیه و سپس ارزیابی صحت نتایج طبقه بندی بر اساس معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولید کننده و صحت کاربر و خطای Commission و Omission صورت گرفت. در جدول شماره ۱ نتایج ارزیابی صحت طبقه بندی نشان داده شده است.

Results of Image classification	overall accuracy %	Overall kapa	P.A .forest	P.A .nonforest	U.A. forest	U.A. nonforest	forest Omission	Nonforest Omission	Forest Commission	Nonforest Commission
ML2CLASS ETM7B	81.3	0.6425	86.95	78.95	83.45	76.34	13.05	21.05	16.55	23.66
PPD2CLASS ETM7B	78.52	0.4908	81.85	76.21	83.96	68.54	18.15	23.79	16.04	31.46
MD2CLASS ETM7B	63.83	0.292	57.64	74.27	79.05	50.6	42.36	25.73	20.95	49.4
ML6CLASS ETM7B	70.79	0.4304	62.56	84.65	87.28	57.3	37.44	15.35	12.72	42.7
PPD6CLASS ETM7B	70.48	0.427	61.57	85.48	87.71	56.9	38.43	14.52	12.29	43.1
MD6CLASS	46.21	0.0939	17.73	94.19	83.72	40.46	82.27	5.81	16.28	59.54

۱. Error Matrix
۲. Confusion Matrix
۳. Contingency Matrix
۴. Overall Accuracy
۵. Producer Accuracy
۶. User Accuracy
۷. Kappa Coefficient



ETM7B										
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

جدول ۱. نتایج حاصل از ارزیابی طبقه بندی تصاویر ماهواره ای^{۱۶}

نتایج تحقیق نشان داد که الگوریتم Maximum Likelihood دارای بالاترین صحت برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای و تهیه نقشه جنگل می باشد. البته در برخی موارد نیز نتایج طبقه بندی حاصل از الگوریتم Parallel epiped نیز به نسبت دارای دقتی بالا و نزدیک به دقت حاصل از به کارگیری الگوریتم حداکثر احتمال می باشد. پایین آمدن دقت نتایج طبقه بندی در صورت استفاده از الگوریتم حداقل فاصله از دیگر نتایج تحقیق بود.

منابع

۱. امینی، م.، ۱۳۸۴. بررسی عوامل موثر بر تخریب جنگل در جنگل های غرب کشور، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲. رفیعیان، ا.، ۱۳۸۲. بررسی تغییرات گستره جنگلهای شمال کشور بین سالهای ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۳. شتایی، ش.، ۱۳۷۵. تهیه نقشه جنگل به کمک تصاویر ماهواره ای به روش رقومی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۴. شتایی، ش.، ۱۳۸۲. بررسی امکان تهیه نقشه تیپ های جنگل با استفاده از داده های ماهواره ای (مطالعه موردی: جنگل آموزشی و پژوهشی خیرودکنار نوشهر)، رساله دکتری، ۱۵۵ صفحه.
۵. فتاحی، م.، ۱۳۷۳. بررسی جنگل های بلوط زاگرس و مهمترین عوامل تخریب آن، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، چاپ اول. ۶۳ صفحه.
۶. نجارلو، س.، ۱۳۸۴. بررسی روند تغییرات گستره جنگل با استفاده از عکس های هوایی، نقشه های توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای ETM+ و IRS-1D مطالعه موردی جنگلهای جنوب کردکوی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده جنگلداری و فناوری چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۸۹ ص.

^{۱۶} ML: الگوریتم حداکثر احتمال، MD: الگوریتم حداقل فاصله، PPD: الگوریتم متوازی السطوح، 2class: طبقه بندی ۲ کلاسه، 6class: طبقه بندی ۶ کلاسه، P.A: صحت تولید کننده، U.A: صحت کاربر



7. Kellenberger, T. W., 1996. Comparison of potential of IRS-1C, SPOT and Landsat-TM Multi spectral and panchromatic data for forest Area Classification in Northeastern Switzerland, Department of Geography, University of Zurich
8. Kanbhum, R. T. 1998. Study on forest change detection in Eastern forest by Remote sensing Technique. National Research council of Thailand. Remote Sensing of Environment (90), pp: 154 – 161.
9. Schowengerth R.A. 1997, Remote sensing, Models and Methods for Remote sensing 2. Edition. Academic press.
10. Yuan, F. K. E. Sawaya, B. C. Loeffelholz, M. E. Bauer. 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multi temporal Landsat remote sensing. Remote Sensing of Environment (95), pp: 317 – 328.