

## تهیه نقشه‌های پوشش اراضی به کمک سنجش از دور با استفاده از خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری (مطالعه موردی: پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان)

یوسف رفیعی: کارشناس ارشد برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران \*  
سید کاظم علوی پناه: استادیار سنجش از دور، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
بهرام ملک‌محمدی: استادیار برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
مجید رضائی مهران: دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران  
حسین نصیری: کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه تهران، تهران، ایران

وصول: ۱۳۸۹/۴/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۰/۸/۲۲، صص ۹۳-۱۱۰

### چکیده

در اختیار داشتن نقشه‌های کاربری اراضی جدید در بسیاری از زمینه‌ها از جمله مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی برای سرزمین از اهمیت بسیاری برخوردار است. پارک‌های ملی و پناهگاه‌های حیات وحش از مهمترین سرمایه‌های اکولوژیکی کشور ما به شمار می‌روند. از این رو اطلاع بهنگام از وضعیت آنها نقش اساسی در کیفیت مدیریت چنین مناطقی دارد. داده‌های سنجش از دور یکی از مهمترین و بهترین منابع در تولید و به روز رسانی نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی به شمار می‌روند. در این پژوهش، به منظور به روز کردن و تهیه نقشه کاربری اراضی جدید پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان از تصاویر سال ۲۰۱۰ سنجنده TM ماهواره لندست استفاده شد. برای طبقه‌بندی تصویر از مدلی جدید بر پایه تلفیق نتایج حاصل از خوارزمیک حداکثر احتمال با طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری استفاده شد. به این منظور یک مدل با استفاده از پردازش شاخص‌های پوشش گیاهی، آب و داده‌های جانبی در خوارزمیک درخت تصمیم تعریف و اجرا شد. صحت کلی ۹۲/۷۲ درصد و صحت‌های بالای کاربر و تولید کننده حاکی از قابلیت بالای خوارزمیک درخت تصمیم در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی است. در نتیجه استفاده از این خوارزمیک می‌توان دقت طبقه‌بندی را از طریق استفاده از داده‌های جانبی در طبقه‌بندی تا حد زیادی افزایش داد و نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی را با کیفیت بهتر تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: پوشش اراضی، بختگان، سنجش از دور، تصاویر TM، خوارزمیک، درخت تصمیم‌گیری

### ۱- مقدمه

است و به عنوان یکی از منابع اصلی در تدوین برنامه‌های توسعه محسوب می‌شوند (Shetaii et al., 2008). پارک‌های ملی و مناطق حفاظت شده<sup>۱</sup> بخشی از مهمترین اکوسیستم‌های کره زمین و نواحی امن<sup>۲</sup>

تهیه نقشه پوشش اراضی<sup>۱</sup> در مدیریت منابع طبیعی<sup>۲</sup> و محیط زیست، تهیه برنامه استفاده از سرزمین و تعیین توان و استعداد اراضی<sup>۳</sup> ضروری

تصاویر و استفاده از روشهای مناسب طبقه بندی آنها، راحت‌تر می‌توان اراضی را که دارای شباهت‌های سطحی و بازتاب مشابه هستند در یک طبقه قرار داد و شرط اولیه که همان گروه‌بندی اراضی مشابه است را فراهم آورد (Alavipanah et al., 2005). تا کنون مطالعات متعددی در زمینه تهیه چنین نقشه‌هایی در داخل و خارج کشور انجام شده است که همگی استفاده از تصاویر لندست را در تهیه آنها مفید می‌دانند (Alavipanah et al., 2002). همچنین برای شناسایی این نوع تغییرات از الگوریتم‌های طبقه بندی مختلفی استفاده می‌شود که در میان آنها از الگوریتم طبقه بندی حداکثر احتمال (MLC)<sup>۷</sup> به عنوان یکی از دقیق‌ترین و رایج‌ترین الگوریتم‌های طبقه‌بندی نام برده می‌شود (Darvishsefat et al., 1997).

Otukei و Blaschke (2010) با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM<sup>۸</sup> و ETM+<sup>۹</sup> و به کارگیری خوارزمیک‌های حداکثر احتمال، درخت تصمیم (DT)<sup>۱۰</sup> و ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM)<sup>۱۱</sup> تغییرات پوشش اراضی منطقه پالیسای کشور اوگاندا را در بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۱ مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که علیرغم کیفیت خوب و دقت خوب هر سه روش، خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری نتایج بهتری نسبت به دو روش دیگر بدست می‌دهد. Wang و همکاران (2009) نقشه تغییرات پوشش اراضی پارک ملی شبکه معتدل شمال غربی آمریکا را در فاصله سالهای ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۲ با استفاده از تصاویر لندست تهیه کردند و به این نتیجه رسیدند که اراضی شهری در طول بیش از ۳۰ سال گسترش چشمگیری داشته‌اند و میزان قابل توجهی از جنگل‌های این منطقه در طی این مدت از بین رفته‌اند.

برای حیات وحش به شمار می‌روند. این مناطق دارای کارکردهای محیط زیستی متنوع بسیاری هستند که جذب آلاینده‌های هوا و تصفیه هوا، تثبیت میکروکلیمات و تعدیل دما، کنترل فرسایش، لغزش خاک و رواناب‌ها به واسطه وجود پوشش‌های گیاهی نسبتاً خوب دست نخورده در آنها، کاهش آلودگی صوتی، زیستگاه حیات وحش از مهمترین کارکردهای این گونه مناطق به شمار می‌روند. از آنجا که تغییرات پوشش و کاربری اراضی در هر منطقه‌ای می‌تواند به طور گسترده بر کارکردها و فرایندهای اکولوژیکی حوضه تحت تأثیرش تأثیرگذار باشد، اطلاع از آخرین و جدیدترین وضعیت چنین مناطقی نقش اساسی در کیفیت مدیریت آنها دارد.

امروزه ابزار سنجش از دور امکاناتی را فراهم می‌آورد که از طریق آن می‌توان در مقیاسهای زمانی مورد نیاز، تغییرات کاربری اراضی را با دقت و سرعت و وسعت آنها را نیز مشخص نمود. از سوی دیگر تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی در مقیاس متوسط از مناطق حفاظت شده بدلیل وسعت زیاد از طریق روش‌های میدانی و تفسیر عکس‌های هوایی با صرف زمان و هزینه زیاد همراه است. داده‌های ماهواره‌ای بدلیل ویژگی‌های خاص خود از جمله سطح پوشش وسیع، قابلیت تکرار و به هنگام شدن مداوم می‌توانند در تهیه نقشه‌های پوشش اراضی و مدیریت چنین مناطقی مورد استفاده قرار گیرند (Darvishsefat et al., 1997).

بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و پردازش رقومی آنها با خوارزمیک‌های<sup>۶</sup> مناسب موجب می‌شود ضمن به حداقل رساندن خطای انسانی جزئیات پدیده‌ها به دقت شناسایی و تفکیک شوند با استفاده از این

اقدام کردند و به این نتیجه رسیدند که روش شبکه عصبی قابلیت بیشتری نسبت به خوارزمیک حداکثر احتمال در تولید نقشه‌های پوشش اراضی با صحت بالاتر دارد.

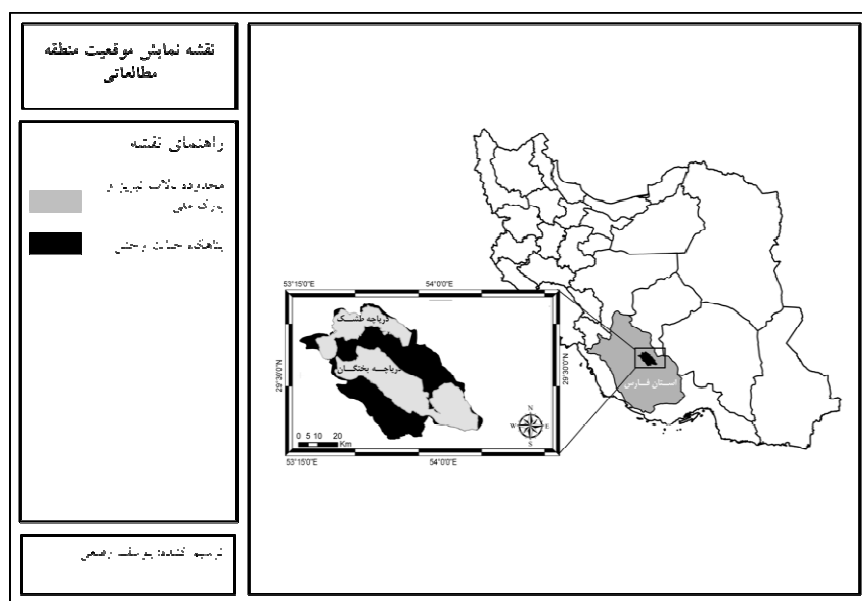
در این مقاله با هدف ارتقاء دقت طبقه‌بندی تصویر و بهبود کیفیت پردازش آنها یک مدل مبتنی بر خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری از طریق ترکیب با نتایج حاصل از خوارزمیک حداکثر احتمال به منظور تهیه نقشه جدید پوشش اراضی پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان توسعه داده شد که در ادامه به تفصیل تشریح می‌گردد. در این روش غنا بخشیدن به مطالعات موجود در زمینه سیاست‌گذاری و مدیریت مناطق حفاظت‌شده و ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر مورد توجه قرار گرفت.

## ۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان که در برگیرنده تالاب نیریز<sup>۱۵</sup> نیز هستند هر یک به ترتیب با وسعت ۱۱۷۰۴۷ و ۲۴۲۲۲۳ هکتار در ۱۰۰ کیلومتری شرق شیراز در استان فارس واقع شده‌اند (شکل ۱). تالاب نیریز متشکل از دریاچه‌های بختگان و طشک هریک به وسعت ۸۵۰۰۰ و ۴۱۰۰۰ هکتار از بزرگ‌ترین دریاچه‌های ایران محسوب می‌شود. این دو دریاچه در سالهای پر باران گسترش یافته و به هم می‌پیوندند. طشک و بختگان و مناطق کوهستانی محاط بر آنها و جزایر متعددی که در این دو دریاچه وجود دارند مجموعه طبیعی بسیار با ارزشی را به وجود آورده‌اند که هم از نظر تنوع زیستی و هم از منظر زیبایی شناختی بی‌نظیر هستند.

Kandrika و Roy (2008) نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه اوریسای هند را با استفاده از تصاویر چند زمانه IRS<sup>۱۲</sup> و با روش درخت تصمیم‌تهیه کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از مجموعه داده‌ها در طی زمان نتایج بهتری را در انتخاب نواحی تعلیمی نسبت به انتخاب آنها در یک تصویر بدست می‌دهند و صحت طبقه‌بندی را افزایش می‌دهند. Wulder و همکاران (2008) مسائل و فرصتها در تهیه نقشه کاربری اراضی و پایش تغییرات آنها را با استفاده از سری تصاویر لندست را بیان کردند و کارکرد مناسب این تصاویر را در تهیه چنین نقشه‌هایی در مقیاس‌های بزرگ به اثبات رساندند. Sesnie و همکاران (2008) با تلفیق تصاویر TM لندست و مدل رقومی ارتفاع (DEM)<sup>۱۳</sup> و استفاده از خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری نقشه پوشش اراضی و تغییرات آن را در محیط پیچیده جنگل‌های گرمسیری کاستاریکا بررسی و تهیه کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از متغیرهای دیگر مانند متغیرهای جغرافیایی (از طریق به کارگیری خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری) به جز باندهای طیفی تصاویر ماهواره‌ای باعث افزایش صحت طبقه‌بندی می‌شود.

Shalaby و Tateishi (2007) با استفاده از سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)<sup>۱۴</sup> و تصاویر لندست با اعمال خوارزمیک حداکثر احتمال نقشه تغییرات کاربری و پوشش اراضی مناطق ساحلی شمال غربی مصر را بین سالهای ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ تهیه کردند. احمدی ندوشن و همکاران (۱۳۸۸) نسبت به تهیه نقشه پوشش اراضی شهر اراک با استفاده از خوارزمیک حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

توجه به این که آخرین نقشه پوشش اراضی از منطقه مربوط به سال ۱۳۸۵ است (شکل ۳)، در این تحقیق نقشه جدید پوشش اراضی پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان بر پایه تصاویر اوایل جولای سال ۲۰۱۰ میلادی (تیرماه ۱۳۸۹ شمسی) سنجنده TM ماهواره لندست با استفاده از تلفیق نتایج حاصل از طبقه بندی حداکثر احتمال با روش درخت تصمیم گیری با هدف بالا بردن دقت طبقه‌بندی تهیه شد.

### ۳- مواد و روش‌ها

به طور کلی، فرایند انجام تحقیق مبتنی بر مراحل است که به صورت شماتیک در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که شکل ۴ نشان می‌دهد تصاویر که پس از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتریکی آماده پردازش شده‌اند، با یکدیگر موزائیک شد تا منطقه مورد مطالعه را تشکیل دهند. در مرحله بعد با قرار دادن مرز منطقه بر روی تصاویر، منطقه مطالعاتی از کل تصویر بدست آمده جدا شد. سپس از طریق

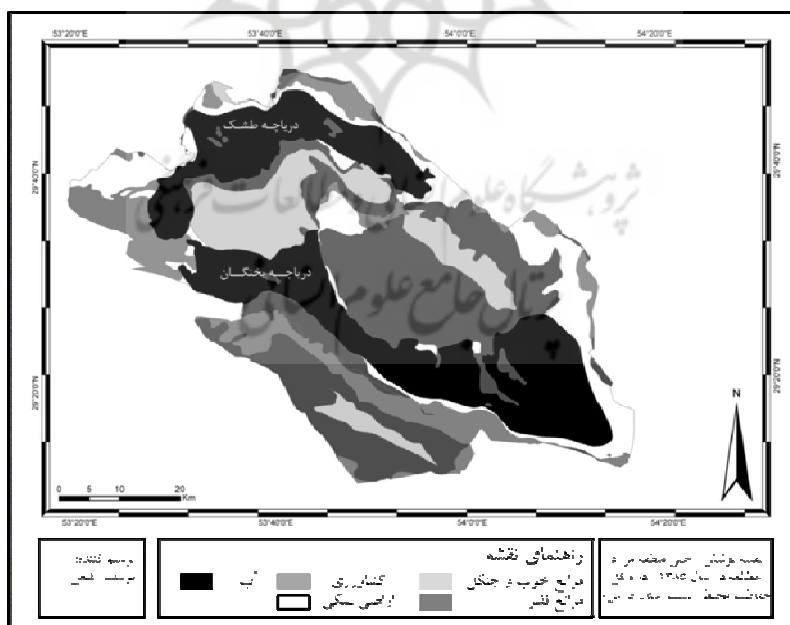
بختگان اولین بار در سال ۱۳۴۶ با عنوان منطقه شکارممنوع تحت حفاظت قرار گرفت. در سال ۱۳۴۷ به عنوان منطقه حفاظت شده اعلام شد. سپس در سال ۱۳۵۴ به عنوان پناهگاه حیات وحش و در سال ۱۳۷۴ بخشی از آن شامل مجموعه دریاچه‌های بختگان، طشک و تالابهای موجود در ورودی زهکشها به انضمام ارتفاعات شمال دریاچه بختگان به عنوان پارک ملی تعیین شد. این منطقه نقش بسیار مهمی در بقاء تنوع ژنتیکی و اکولوژیکی کشور ایفا می‌کند و به همین دلیل تالاب نیریز در فهرست تالاب‌های بین المللی کشور قرار گرفته است. دامنه‌ی تغییرات ارتفاعی این عرصه نیز بین حدود ۱۵۰۰ تا ۲۹۰۰ متر از سطح دریا متغیر است. این منطقه با بارش متوسط سالانه ۲۳۰ میلی‌متر و دمای ۱۵ درجه سانتیگراد دارای اقلیم خشک بیابانی معتدل است. دریاچه‌های بختگان و طشک امروزه متأسفانه به دلایل گوناگون از جمله احداث سدهای متعدد بر رودخانه‌های بالادست آنها و وقوع خشکسالی کاملاً خشک شده‌اند (شکل ۲). با

گیری و بر پایه مدل تعریف شده در آن طبقه‌بندی گردید. در نهایت ماتریس خطای طبقه‌بندی تهیه شد و میزان هر یک از پوشش‌ها نیز بدست آمد، که در ادامه مورد تشریح قرار می‌گیرد.

نمونه‌گیری، تصویر با استفاده از خوارزمیک حداکثر احتمال طبقه‌بندی گردید. در مرحله بعد تصویر با مبنای قرار دادن طبقه بندی حداکثر احتمال و استفاده از شاخص‌های متعدد، با خوارزمیک درخت تصمیم

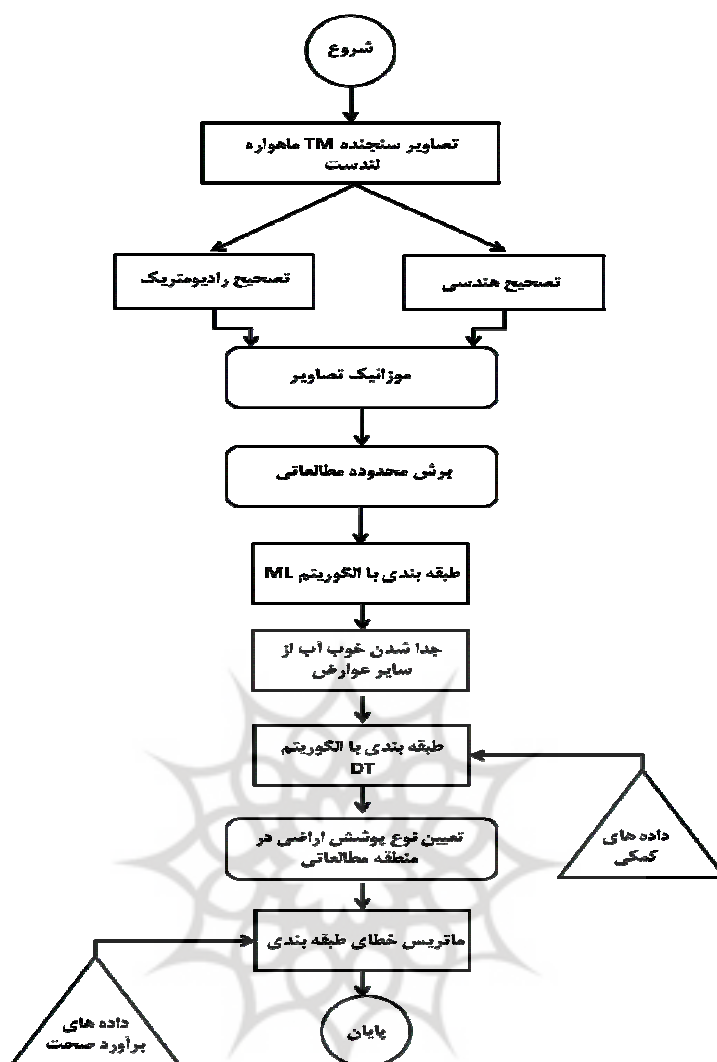


شکل ۲- نمایی از وضعیت گذشته تالاب و بستر خشک آن در اواخر تیر ۱۳۸۹



شکل ۳- نقشه پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۵

(اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس)



شکل ۴- فرایند تهیه نقشه کاربری اراضی در این تحقیق

مدل رقومی ارتفاع نیز به منظور دخالت در طبقه‌بندی تصاویر در خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری استفاده شد. جدول ۱ داده‌های مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهند.

۳-۱- داده‌های مورد استفاده و آماده سازی آنها در انجام این پژوهش از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست از منطقه مطالعاتی در اوایل تابستان سال ۲۰۱۰ میلادی (۱۳۸۹ شمسی) استفاده شد. از

جدول ۱- مشخصات داده‌های مورد استفاده

نوع سنجنده/داده	تاریخ تصویربرداری	شماره باند	شماره گذر	شماره ردیف	قدرت تفکیک رادیومتری	قدرت تفکیک مکانی
TM	۲۰۱۰/۰۶/۰۸	۱-۵ و ۷	۱۶۲	۳۹	۸ بیت	۳۰ متر
DEM	۲۰۱۰/۰۶/۱۶	-	۱۶۱	۴۰	-	۱۰ متر



## ۲-۳- روش‌ها

## ۳-۲-۱- پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در ابتدا لازم است یک سری عملیات روی تصاویر (قبل از هر گونه پردازش چشمی یا رقومی)، در ارتباط با خطاهای رادیومتری، هندسی و غیره انجام گیرد. از این رو با توجه به هدف این تحقیق که تعیین پوشش اراضی منطقه در سال ۲۰۱۰ (۱۳۸۹) با استفاده از تصاویر ذکر شده می‌باشد، در ابتدا تصحیحات مورد نیاز بر روی تصاویر ماهواره‌ای با هدف آماده سازی آنها برای پردازش اعمال شد. این تصحیحات عبارتند از: تصحیح هندسی<sup>۱۶</sup> و تصحیح رادیومتری<sup>۱۷</sup>. در ابتدا عملیات زمین مرجع کردن<sup>۱۸</sup> بر روی تصاویر با هدف تصحیح هندسی اعمال شد. برای انجام این کار ۱۹ نقطه کنترل زمینی با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ۱۹ با توزیع مناسب از سطح منطقه جمع‌آوری گردید. برای تبدیل مختصات تصویر از چند جمله‌ای درجه اول ۲۰ استفاده شد. روابط ۱ و ۲ نمونه تبدیلات چندجمله‌ای را نشان می‌دهند (Mather, 1999).

روابط ۱ و ۲- نمونه تبدیلات چند جمله‌ای

$$x = \sum_{i=c}^n \sum_{j=c}^n a_{ij} X^i$$

$$y = \sum_{i=c}^n \sum_{j=c}^n b_{ij} X^i Y^i$$

که در این روابط  $a$  و  $b$  مجهولات ضرایب،  $x$  و  $y$  مختصات تصاویر و  $n$  درجه چند جمله‌ای خواهند بود که بسته به اینکه تا چه جمله‌ای استفاده شود، تعداد آنها نیز متفاوت بوده و بسته به آنها تعداد نقاط کنترل مورد نیاز نیز فرق خواهد کرد. در نظر گرفتن

یک مدل صحیح برای تبدیل هندسی از مهمترین بخش‌های انجام تصحیح هندسی است. برای تعیین ارزش رقومی پیکسل‌های تصاویر تصحیح شده از روش نمونه‌گیری مجدد نزدیکترین همسایه استفاده و تصاویر با خطای متوسط ریشه مربعات (RMSE) ۲۱ (رابطه شماره ۳) معادل ۰/۴ پیکسل، زمین مرجع شدند.

رابطه ۳- محاسبه RMSE

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum r_i^2}}{n}$$

که در این رابطه  $r_i$  مقدار خطای هر نقطه و  $n$  تعداد نقاط کنترلی است.

در مرحله بعد اثرات اتمسفری و توپوگرافی و تابع توزیع انعکاس دوجته (BRDF)<sup>۲۲</sup> بر بازتاب طیفی هر یک از تصاویر نیز با استفاده از مدل ATCOR3 اصلاح شدند. ATCOR3 تا حد زیادی اثرات جوی و سایه و روشنایی<sup>۲۳</sup> را در تصویربرداری طیفی با دخالت دادن مدل رقومی زمین کاهش می‌دهد. همچنین با توجه به اینکه محدوده تالاب در سه تصویر TM از منطقه قرار دارد اعمال تصحیحات رادیومتری در مورد تصاویر با هدف همانند سازی ارزش طیفی پیکسل‌های آنها با یکدیگر ضروری است. هیستوگرام تصویر در حقیقت بیان گرافیکی میزان روشنایی تصویر می‌باشد و تا زمانی که هیستوگرام تصاویر مورد استفاده با یکدیگر شبیه نشوند آماده پردازش نیستند. به این منظور از روش تناظریابی هیستوگرام<sup>۲۴</sup> که یکی از روش‌های معمول نرمالیزاسیون نسبی است و کارایی مطلوبی در تعدیل نسبی خطاهای رادیومتریکی و اتمسفری تصاویر دارد،

استفاده شد. از تناظریابی هیستوگرام برای تطابق رنگی دو یا چند تصویر با هم استفاده می‌شود. در این روش، هیستوگرام یکی از تصاویر مرجع قرار گرفته و هیستوگرام تصویر (و یا تصاویر) دیگر به آن شبیه می‌شود. به عبارت دیگر بازتاب طیفی تصاویر از طریق تغییر هیستوگرام آنها با یکدیگر سازگار و مشابه می‌شوند. در میان بسیاری از روش‌های نرم‌الیزاسیون از تناظریابی هیستوگرام به عنوان یکی از متداول‌ترین روشها که به خوبی از عهده حل مسائل تصحیحات رادیومتریک بر می‌آید نام برده می‌شود (Salah-eldin et al., 2008).

طبقه‌بندی کننده‌های مرتبط با هم تشکیل می‌شوند که هیچکدام به تنهایی نمی‌توانند امر طبقه‌بندی تصویر را بطور کامل انجام دهند بلکه هر مؤلفه طبقه‌بندی کننده، تنها قسمتی از کار را انجام می‌دهد. یک DT، نمایشی از شاخه‌ها و گره‌هاست که هر گره به مجموعه‌ای از پاسخهای ممکن منتهی می‌گردد. سه امر مهم در طراحی روش DT باید در نظر گرفته شوند: (۱) یافتن ساختار بهینه برای شاخه، (۲) انتخاب زیرمجموعه مطلوب خصوصیات در هر گره و (۳) انتخاب قاعده تصمیم برای استفاده در هر گره (Jia 2006, Richards).

### ۳-۲-۲- خوارزمیک درخت تصمیم گیری

استفاده از درخت تصمیم در سنجش از دور بوسیله متخصصین این رشته در دهه ۱۹۷۰ مورد ارزیابی قرار گرفت (Swain, Hauska, 1997). در سالهای اخیر کاربرد این روش به صورت تدریجی به سمت علوم طبیعی وارد شده و در طبقه بندی پوشش اراضی، عملکرد موفقیت آمیزی از خود نشان داده است (Vogelmann et al, 2001 ; Lawrence, Wrigh, 2001).

در روش درخت تصمیم، یک ساختار شاخه‌ای بهینه با کمترین میزان نرخ خطا می‌تواند با حداقل تعداد گره‌ها فرض شود. همچنین باید به اشتراک کلاسها و اینکه چه تعداد شاخه و لایه مورد استفاده قرار می‌گیرند به قدر کافی توجه کرد. از آنجایی که تعداد ساختارهای شاخه‌ای ممکن، حتی برای تعداد نسبتاً کمی از کلاس‌ها می‌تواند زیاد باشد، طراحی یک طبقه‌بندی کننده مطلوب بسیار دشوار خواهد بود (Mui, Fu, 1980). در این روش کارایی و صحت طبقه‌بندی شدیداً به انتخاب شاخه‌ها بستگی دارد. برای آسانتر نمودن کار طراحی شاخه‌های تصمیم‌گیری غالباً از روش دودویی استفاده می‌شود. توانایی جداسازی کلاس‌ها ضرورتاً با به کارگیری روش دودویی تضعیف نمی‌شود، چون یک DT کلی می‌تواند به شکل مناسبی به شاخه‌های دودویی معادل با آن تبدیل شود، بدون اینکه کاهش دقتی صورت پذیرد. به صورت کلی در روش DT، دانش تحلیل‌گر در ساختار بندی شاخه‌ها نقش موثری دارد. همچنین می‌توان با دخالت داده‌های مرتبط با توپوگرافی مانند

در اغلب روش‌های طبقه‌بندی تک‌مرحله‌ای تصاویر ماهواره‌ای، مانند روش حداکثر احتمال یا حداقل فاصله (MD)<sup>۲۵</sup> در مورد هر پیکسل فقط یک تصمیم اتخاذ می‌گردد، در نتیجه‌ی این تصمیم، پیکسل به یکی از کلاسهای موجود تعلق می‌گیرد. در کنار این روشها، روش‌های طبقه‌بندی چندمرحله‌ای هم امکان پذیرند، بدین ترتیب که مجموعه‌ای از تصمیمات اتخاذ می‌شوند تا پیکسل به درستی طبقه‌بندی شود. از معمول‌ترین روشهای طبقه‌بندی چندمرحله‌ای، خوارزمیک درخت تصمیم گیری است. این دسته از



و مرتعی را از هم جدا نمود. لازم به ذکر است که NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی است (Binh et al., 2005).

NDVI از طریق رابطه شماره ۴ محاسبه می‌شود (Schowengerdt, 1997). که در آن NIR انعکاس اشعه تابیده شده در طول موج مادون قرمز نزدیک و RED انعکاس اشعه تابیده شده در طول موج قرمز مرئی است. NDVI واکنش به اعمال فتوسنتزی را به خوبی نمایش می‌دهد که ارزش NDVI بالاتر نشانگر پوشش گیاهی متراکمتر و شادابتر است (Lin et al., 2006). در این شاخص فرض بر این است که ناحیه تحت بررسی دارای نوع خاک یکسانی می‌باشد، بنابراین اگر این فرض صادق نباشد ناهمسانی انواع خاک بر روی نتایج حاصل از NDVI تاثیر خواهد گذاشت و نتایج نادرستی حاصل خواهد شد. Huete (1988) شاخص گیاهی تنظیم شده با خاک (SAVI) را برای استخراج اطلاعات پوشش گیاهی پیشنهاد کرد که رابطه ۵ نحوه محاسبه آن را نشان می‌دهد. در این رابطه، L فاکتور تعدیل خاک با مقادیری از صفر تا یک است. در این تحقیق با توجه به مقدار پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی مقدار ۰/۵ برای حذف اثر زمینه‌های متفاوت مورد استفاده قرار گرفته است.

#### ب) شاخص آب

در این تحقیق برای مشخص نمودن پوشش آب در خوارزمیک درخت تصمیم علاوه بر نتایج طبقه‌بندی حداکثر احتمال از شاخص آب نیز استفاده گردید. آب در محدوده سبز طیف الکترو مغناطیس انعکاس بیشتری نسبت به محدوده مادون قرمز نزدیک دارد. در این تحقیق مجموع نواحی مشخص شده به عنوان آب در طبقه‌بندی حداکثر احتمال و نواحی

ارتفاع، شیب، جهت شیب و حتی داده‌های اقلیمی مانند دما در روش DT دقت آنرا ارتقاء داد.

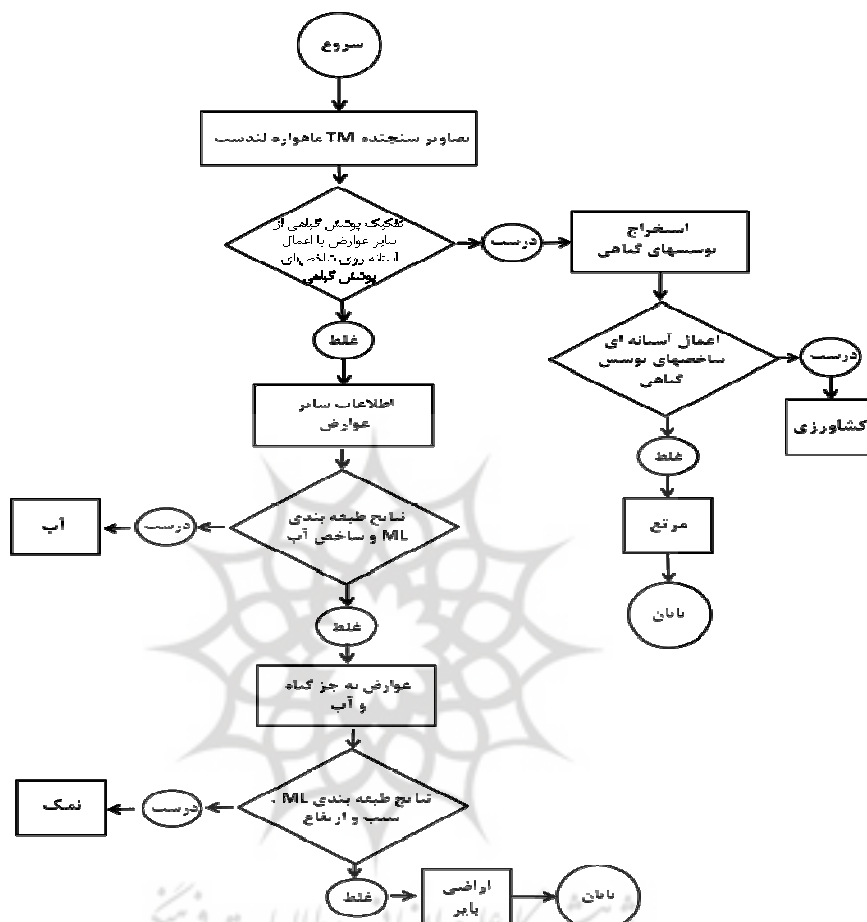
۳-۲-۳- مدل مفهومی مبتنی بر خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری

از آنجایی که هدف این تحقیق شناسایی انواع پوشش اراضی با دقت بالا است، با توسعه یک مدل، استخراج موثر و دقیق اطلاعات بر مبنای آن صورت گرفت. شکل ۵ ساختار کلی این مدل را نشان می‌دهد. همانگونه که در این شکل دیده می‌شود، با مبنای قرار دادن نتایج حاصل از طبقه‌بندی با استفاده از خوارزمیک حداکثر احتمال به صورت شاخه‌ای در هر قسمت، یک پوشش خاص از اطلاعات موجود در تصویر را استخراج و جدا می‌کند. در هر نقطه انشعابی یا گره مربوط به DT با استفاده از قواعد یا شاخص‌های تعریف شده، پوشش خاصی از اطلاعات تصویر شناسایی و مجزا می‌گردد. در ادامه در مورد شاخص‌های مورد استفاده و روش پیشنهادی مبتنی بر خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری توضیحاتی ارائه می‌شود.

الف) شاخص‌های پوشش گیاهی  
شاخص‌های پوشش گیاهی به طور گسترده به عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی از جمله پوشش گیاهی و فاکتورهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند (Morawitz et al., 2006, Koh et al., 2006). در این تحقیق از شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI)<sup>۲۶</sup> برای استخراج پوشش گیاهی استفاده شد، تا بدینوسیله پوشش‌های گیاهی به راحتی از سایر پوشش‌ها جدا شده و کار نمونه‌گیری با دقت بیشتری انجام شود و همچنین با اعمال تغییرات در طبقات آن بتوان اراضی کشاورزی

(NDWI)<sup>۲۸</sup> را به صورت رابطه ۶ ارائه کرد. که GREEN انعکاس اشعه تابیده شده در طول موج سبز است.

مشخص شده با استفاده از شاخص آب در طبقه بندی درخت تصمیم، اراضی با پوشش آب را ارائه می‌کنند. Mcfeeters (1996) شاخص تفاضلی نرمال شده آب



شکل ۵- مدل طراحی شده مبتنی بر خوارزمیک درخت تصمیم برای استخراج نقشه کاربری اراضی در این تحقیق

#### ۴- نتایج

از سایر اطلاعات جدا می‌شود. در شاخه صحیح گره تصمیم‌گیری اول اطلاعات پوشش گیاهی نتیجه کار است که با استفاده از اشتراک آستانه‌های مشخص شده برای شاخص‌های NDVI و SAVI از سایر طبقات جدا شدند. در شاخه درست گره تصمیم‌گیری دوم اراضی کشاورزی بر اساس آستانه‌های تعریف شده در شاخص‌های پوشش گیاهی (از ۰/۱۴ به بالا) مشخص و سایر پوشش‌های گیاهی باقی مانده (از ۰/۰۶ تا ۰/۱۴) مرتع معرفی شدند (این شاخص‌ها با توجه به

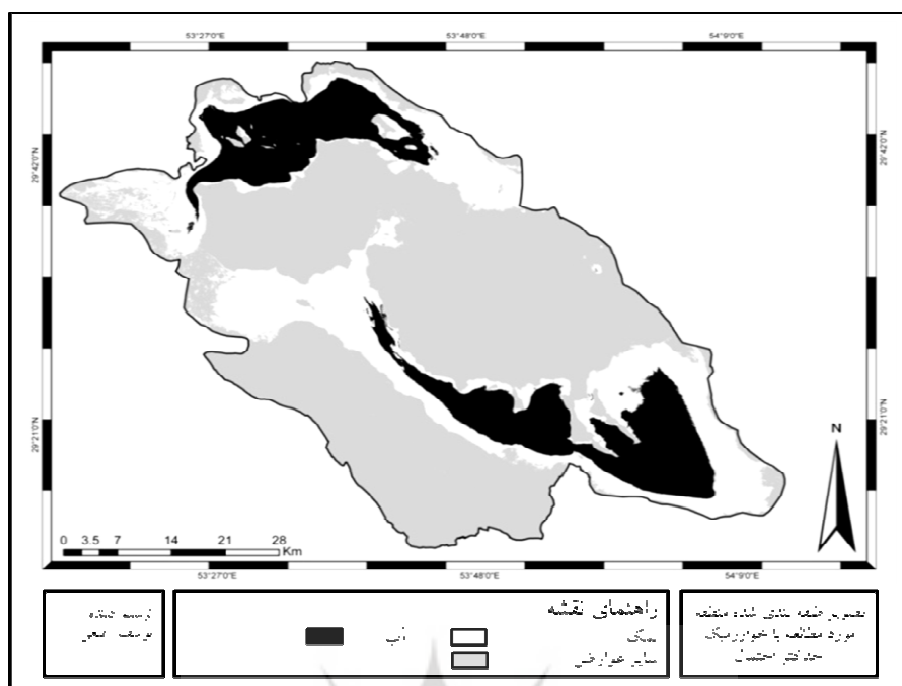
نحوه کارکرد مدل به صورت شاخه‌ای است که از چهار سطح تصمیم‌گیری تشکیل شده است که در نهایت به تعیین پنج طبقه پوشش اراضی کشاورزی، مرتع، آب، نمک و اراضی بایر می‌انجامد. در اجرای مدل پس از اعمال پیش پردازش‌ها بر روی تصاویر، همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود ابتدا با استفاده از شاخص‌های NDVI و SAVI و تعیین یک حد آستانه برای آن، (از ۰/۰۶ به بالا)، پوشش گیاهی

پوشش‌های مرتعی با برخی زمین‌های کشاورزی (به دلیل تفاوت در زمانهای کاشت یا نوع محصول) موجود در منطقه، عوارض مشابه یاد شده دارای اختلاط‌هایی با یکدیگر بودند و حتی بهترین انتخاب نمونه نیز نتوانست مانع این اختلاط‌ها گردد از اینرو یک مدل بر مبنای روش درخت تصمیم‌گیری در این مقاله مورد استفاده قرار گرفت. با مدل ارائه شده بر پایه خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ منطقه تهیه شد. شکل ۷ نقشه پوشش اراضی منطقه بر اساس طبقه بندی تصویر منطقه در سال ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد. در شکل ۸ مساحت‌های هر یک از طبقات بر حسب کیلومتر مربع و درصد ارائه شده است. مساحت اراضی زیر پوشش نمک در حدود ۷۶۳ کیلومترمربع (۲۳ درصد)، اراضی کشاورزی، مرتعی و آب هر یک به ترتیب ۲۴ کیلومترمربع (۱ درصد)، ۲۶/۱۷ کیلومتر مربع (حدود ۱ درصد) و ۵۵۶/۳ کیلومترمربع (۱۷ درصد) و مساحت اراضی بایر نیز ۱۹۴۰ کیلومتر مربع (۵۸ درصد) بدست آمدند. در نتایج بدست آمده از طبقه‌بندی تصویر به روش درخت تصمیم مشخص شد این خوارزمیک با قابلیت استفاده از داده‌های جانبی (مثلا مدل رقومی ارتفاع) و همچنین شاخص‌های متعدد، طبقات مختلف را به خوبی از یکدیگر جدا می‌کند. به عنوان مثال اراضی گچی و آهکی که در طبقه بندی حداکثر احتمال در طبقه نمک قرار گرفته بودند با دخالت شیب و ارتفاع در مدل تعریف شده بر پایه الگوریتم درخت تصمیم در رده اراضی بایر قرار گرفتند.

مقایسه‌های بسیار با تصویر منطقه برای انتخاب بهترین بازه تعیین شدند). در شاخه نادرست (غلط) گره تصمیم‌گیری اول اطلاعات بدون پوشش گیاهی موجود است که با به کارگیری اشتراک دو حد آستانه تعیین شده برای شاخص NDWI، مقادیر بازتاب سطحی باند ۴ سنجنده TM و نتایج حاصل از طبقه بندی حداکثر احتمال آب نیز از اطلاعات موجود در روی تصویر جدا می‌شود. حاصل شاخه نادرست سطح تصمیم‌گیری سوم اطلاعاتی است که فاقد آب و پوشش گیاهی است. در سطح تصمیم‌گیری چهارم و (سطح نهایی) با استفاده از اشتراک نتایج حاصل از طبقه بندی حداکثر احتمال، شیب و ارتفاع منطقه، نمک و اراضی بایر نیز از هم جدا شدند. برای جداسازی برخی پوششها از شیب و ارتفاع مستخرج از مدل رقومی ارتفاع نیز استفاده شد.

#### ۴-۱- نتایج طبقه بندی تصویر

در این تحقیق ابتدا از خوارزمیک حداکثر احتمال در نرم افزار ENVI 4.7 به منظور طبقه بندی تصویر استفاده شد تا بدینوسیله پوشش اراضی مختلف از یکدیگر جدا شوند. به این منظور نمونه‌ها از طبقات مختلف در نظر گرفته شده تهیه و طبقه‌بندی بر اساس آنها انجام شد. در مشاهده و آنالیز نقشه خروجی مشخص شد که دو طبقه آب و نمک با کیفیت مناسب نسبت به سایر پوشش‌ها طبقه بندی شده‌اند (شکل ۶). اما در مورد سایر طبقات به دلیل شباهت‌های طیفی، اختلاط بین عوارض نسبتا زیاد بود. در مورد عوارض دیگر به عنوان مثال به دلیل شباهت طیفی بسیار نزدیک نمک با سازندهای گچی و آهکی و یا

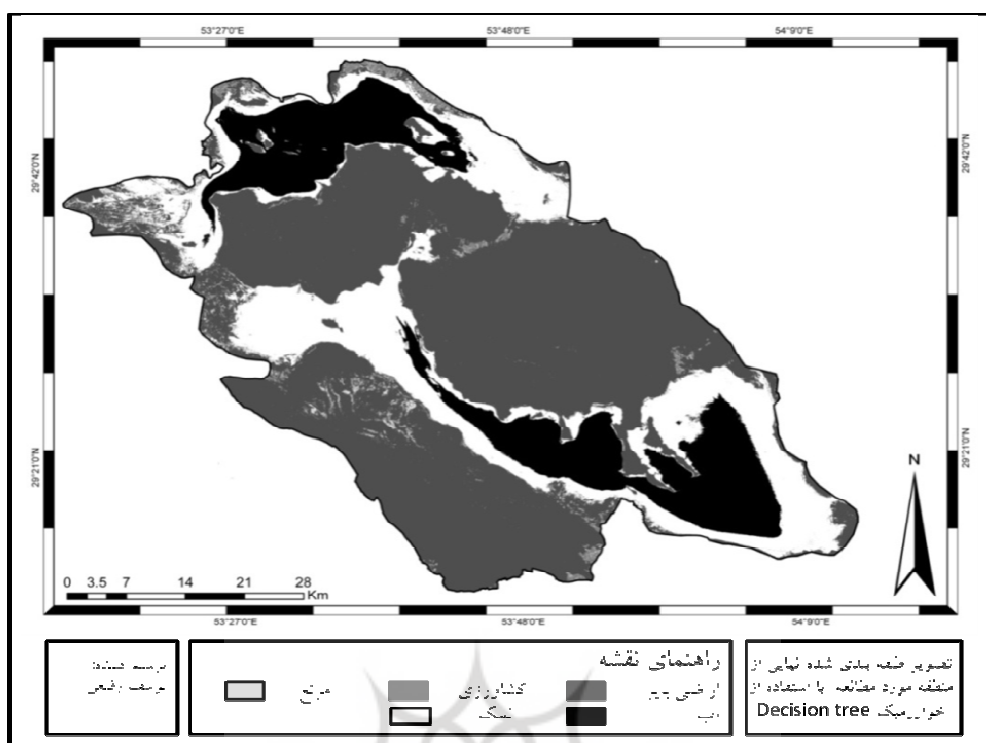


شکل ۶- تصویر طبقه‌بندی شده با خوارزمیک حداکثر احتمال که در آن آب و نمک با دقت نسبتاً بالا از سایر عوارض جدا شده‌اند

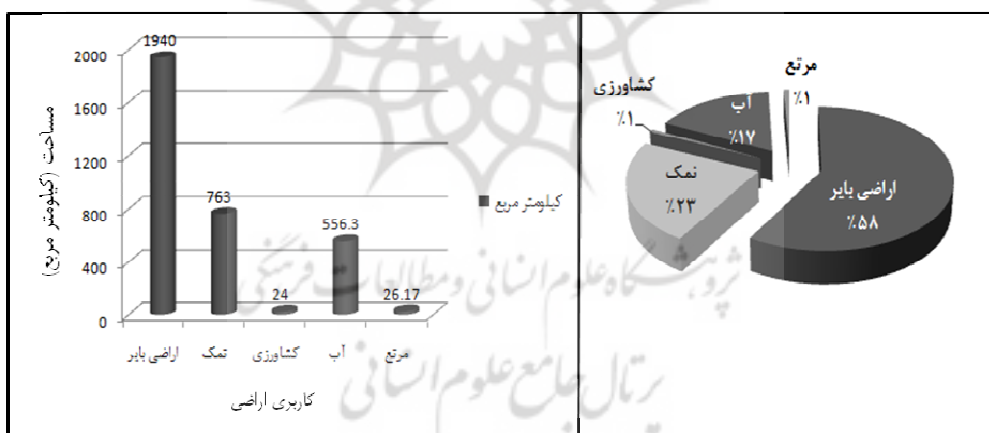
ماتریس خطا بصورت جدول‌بندی متقاطع از کلاسهای طبقه‌بندی شده در برابر داده‌های مرجع برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی بکار گرفته شد ( Congalton and Green, 1999). صحت کلی، صحت‌های کاربر و تولید کننده و آماره کاپا از ماتریس خطا استخراج شدند. نتایج این ماتریس در جدول ۲ برای طبقه‌بندی حداکثر احتمال و در جدول ۳ برای طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری نشان داده شده است. در این جداول همچنین میزان اختلاط نمونه‌ها در یکدیگر و در نهایت صحت‌های تولید کننده و کاربر حاصل از طبقه‌بندی ارائه شده است.

#### ۴-۲- ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شده

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهم پس از طبقه‌بندی است. ارائه نتایج طبقه‌بندی بدون هیچ‌گونه پارامتری که کیفیت و صحت این نتایج را بیان کند از ارزش آنها می‌کاهد (Fatemi and Rezaii, 2008). برای ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شده از نقاط کنترل زمینی که بوسیله GPS از سطح منطقه در طی دو روز اقامت نگارنده در منطقه در اواخر تیرماه ۱۳۸۹ برداشت شده بودند استفاده شد. تعداد نقاط کنترل زمینی برای هر یک از طبقات پوششی منطقه در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.



شکل ۷- تصویر طبقه بندی شده نهایی از منطقه مورد مطالعه با استفاده از خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری



شکل ۸- مساحت پوشش‌های مختلف بر حسب درصد و کیلومتر مربع

تصمیم‌گیری ۹۲/۷۲ و مقدار آماره کاپا نیز در حدود ۹۰/۷۳٪ به دست آمد. این درحالی است که دقت کلی طبقه‌بندی در خوارزمیک حداکثر احتمال ۸۱/۳۶٪ و مقدار آماره کاپا نیز ۷۶/۱٪ به دست آمده بود.

همان گونه که در جداول نیز مشاهده می‌گردد صحت‌های کاربر و تولیدکننده حاصل از طبقه‌بندی درخت تصمیم‌گیری بالاتر بوده و بین ۸۲ تا ۹۷ درصد قرار دارد. دقت کلی طبقه‌بندی در خوارزمیک درخت

جدول ۲- ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر با خوارزمیک حداکثر احتمال

طبقات پوشش	اراضی بایر	نمک	اراضی کشاورزی	آب	مرتع	کل	صحت کاربر
اراضی بایر	۵۷	۰	۴	۳	۳	۶۷	٪۸۵/۰۷
نمک	۱	۳۶	۱	۰	۰	۳۸	٪۹۴/۷۴
اراضی کشاورزی	۹	۲	۳۱	.	۴	۴۶	٪۶۷/۳۹
آب	۳	۱	۰	۳۱	۰	۳۵	٪۸۸/۵۷
مرتع	۶	۱	۳	۰	۲۴	۳۴	٪۷۰/۵۹
کل	۷۶	۴۰	۳۸	۳۵	۳۱	۲۲۰	-
صحت تولیدکننده	٪۷۵	٪۹۰	٪۸۱/۵۸	٪۸۸/۵۷	٪۷۷/۴۲	-	-

جدول ۳- ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر با خوارزمیک درخت تصمیم‌گیری

طبقات پوشش	اراضی بایر	نمک	اراضی کشاورزی	آب	مرتع	کل	صحت کاربر
اراضی بایر	۶۲	۳	۰	۱	۱	۶۷	٪۹۲/۵۴
نمک	۱	۳۶	۰	۱	۰	۳۸	٪۹۴/۷۴
اراضی کشاورزی	۰	۰	۴۴	۰	۲	۴۶	٪۹۵/۶۵
آب	۱	۰	۰	۳۴	۰	۳۵	٪۹۷/۱۴
مرتع	۲	۱	۳	۰	۲۸	۳۴	٪۸۲/۳۵
کل	۶۶	۴۰	۴۷	۳۶	۳۱	۲۲۰	-
صحت تولیدکننده	٪۹۳/۹۴	٪۹۰	٪۹۳/۶۲	٪۹۴/۴۴	٪۹۰/۳۲	-	-

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

تصاویر وابسته است، نتایج حاصل بر پایه تصاویر مختلف، تا حدودی متفاوت خواهد بود.

با در نظر گرفتن قدرت تفکیک مکانی تصاویر استفاده شده در این تحقیق که برابر ۳۰ متر می باشد، دقت نقشه تهیه شده نیز متناسب با همین کیفیت است. برخی مناطقی که در نقشه کاربری اراضی سال ۸۵ (۲۰۰۶) در شکل ۳ به عنوان مرتع در نظر گرفته شده‌اند، در تصویر طبقه‌بندی سال ۲۰۱۰ در این تحقیق (شکل ۷) به عنوان اراضی بایر محسوب شده‌اند. دلیل این امر این است که با چنین قدرت تفکیکی قادر به تشخیص بهتر اراضی مرتعی و به عبارتی پوشش گیاهی تنک نبودیم و این امر به این

در پژوهش حاضر نقشه پوشش اراضی در محدوده پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان از طریق توسعه یک مدل مبتنی بر خوارزمیک DT و تلفیق با نتایج طبقه‌بندی حداکثر احتمال تهیه شد. در این مدل از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست و داده‌های کمکی استفاده شده و پس از تهیه نقشه کاربری اراضی دقت طبقه‌بندی محاسبه گردید. با توجه به اینکه کیفیت نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده بر پایه پردازش تصاویر ماهواره ای شدیداً به کیفیت آنها یعنی قدرت تفکیک طیفی، رادیومتریکی و مکانی



مقادیر شیب و ارتفاع به خوبی جدا شدند که حاکی از انعطاف پذیری بالای مدل طراحی شده مبتنی بر خوارزمیک DT در استفاده از منابع متفاوت داده‌ها و خوارزمیک‌های مختلف است.

نتایج پژوهش حاضر همانگونه که از نتایج حاصل از جداول ارزیابی صحت طبقه بندی بر می آید حاکی از آن است که استفاده از روش‌های ترکیبی و داده‌های کمکی در طبقه بندی تصاویر دقت طبقه‌بندی را تا حد زیادی افزایش می‌دهد. استفاده از روش‌های چند مرحله‌ای برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، دارای مزایایی از جمله کاستن زمان پردازش، بهبود صحت کلاسها با قابلیت بکارگیری منابع متفاوتی از داده‌ها، مجموعه‌های مختلف از خصوصیات و حتی خوارزمیک‌های متفاوت در هر مرحله تصمیم‌گیری است.

معنی نیست که این اراضی کاملاً فاقد پوشش گیاهی اند. همانطور که در شکل ۳ (نقشه پوشش و کاربری اراضی منطقه در سال ۱۳۸۵) دیده می‌شود طبقه‌ای تحت عنوان اراضی بایر در آن وجود ندارد و بسیاری از اراضی که نویسندگان این مقاله در تصویر طبقه بندی شده سال ۲۰۱۰ با عنوان بایر نامگذاری نموده اند با مراتع فقیر در نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۵ مطابقت دارد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که شاخص‌های پوشش گیاهی با در نظر گرفتن حد آستانه، با دقت بالایی پوشش گیاهی را از پوشش غیرگیاهی و اراضی کشاورزی را از مراتع مجزا می‌نمایند. همچنین اشتراک مقادیر شاخص آب و مقادیر انعکاسی باند ۴، آب را از سایر عوارض به خوبی جدا می‌کند. در مرحله پایانی، اراضی بایر از نمک با به کارگیری مشترک نتایج طبقه‌بندی حداکثر احتمال و

پی نوشت‌ها

1. Land cover
2. Natural recourses management
3. Land capability
4. National parks and protected areas
5. Safe zones
6. Algorithm
7. Maximum Likelihood Classification (MLC)
8. Thematic Mapper (TM)
9. Enhanced Thematic Mapper plus (ETM<sup>+</sup>)
10. Decision Tree (DT)
11. Support Vector Machines (SVM)
12. Indian Remote sensing Satellites (IRS)
13. Digital Elevation Model (DEM)
14. Geographic Information Systems (GIS)

15. Neyriz Wetland
16. Geometric correction
17. Radiometric correction
18. Georeferencing
19. Global Positioning System (GPS)
20. Polynomial degree one
21. Root Mean Square Error (RMS)
22. Bidirectional Reflectance Distribution Function Scene (BRDF)
23. Illumination
24. Histogram matching
25. Minimum Distance (MD)
26. Normalized Difference Vegetation Index
27. Soil Adjusted Vegetation Index
28. Normalized Difference Water Index

منابع

- Alavipanah, S, K. Matinfar, H, R. Sarmadian, Fereydoon. (2005), Application of satellite data assessment of time savings, waste prevention methods of national resources conference, IRI Academy of Sciences, Tehran.
- Alavipanah, S, K. Masudi, Masud. (2002), Land use mapping using Landsat digital data and GIS, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 8 year, 65-76
- Berberoglu, S., A. Akin,. (2009). Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean, International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 11, 46-53.
- Binh, T.N.K.D., Vromant, N., Hung, N.T., Hens, L., Boon, E.K., (2005). Land cover changes between 1968 and 2003 in Cai Nuoc, Ca Mau Peninsula, Vietnam. Environment, Development and Sustainability 7, 519-536.
- Congalton, R. G., Green, K., (1999), Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices, Boca Rotan, Florida' Lewis Publishers.
- Darvish sefat, A, A., Shetaii, SH,. (1997), Forest mapping using Landsat TM data by digital methods, Journal of Iran naturar resources, 50, 39-45, University of Tehran, Tehran.
- Department of Environmental Protection, Fars Province, GIS unit, (2006) Land cover and land use maps of Bakhtegan national park and wildlife refuge.
- Fatemi, S, B., Rezaii, Y. (2008), Fundamentals of remote sensing, Azade publication, Tehran.
- Huete A R, (1988), A soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), Remote Sensing of Environment, 25, 295-309.
- Kandrika, S., P.S. Roy,.(2008). Land use land cover classification of Orissa using multi-temporal IRS-P6 awifs data: A decision tree approach, International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 10, 186-193.
- Koh, C.N., Lee, P.F., Lin, R.S., (2006). Bird species richness patterns of northern Taiwan: primary productivity, human population density, and habitat heterogeneity. Diversity & Distributions 12 (5), 546-554.
- Lawrence, R.L. and Wright, A., (2001), Rule-Based Classification systems using classification and regression tree (Cart) analysis, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 67, 1137-1142.
- Mather, P, M. (1999). Computer Processing Of Remotely Sensed Images 2<sup>nd</sup> Edition, John Willey & Sons.
- McFeeters, S.K., (1996), the use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open

- water features, *International Journal of Remote Sensing*, 17, 1425–1432.
- Mui J.K. and Fu, K.S. (1980), Automated Classification of Nucleated Blood Cells Using a Binary Tree Classifier, *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-2, 429–443.
- Morawitz, D., Blewett, T., Cohen, A., Alberti, M., (2006). Using NDVI to assess vegetative land cover.
- Otukei, J.R., T. Blaschke,. (2010), Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms, *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 12S, S27–S31.
- Salah-eldin, A., Nagaty, K. and Elarif T., (2008). An enhanced histogram matching approach using the Retinal filters compression function for illumination normalization in face recognition, Springer Berlin/Heidelberg.
- Schowengerdt, R.A., (1997), *Remote Sensing: Models and Methods for Imagery Processing*, 2nd ed.
- Sesnie, S.E., Paul E. Gessler, Bryan Finegan, Sirpa Thessler,. (2008). Integrating Landsat TM and SRTM-DEM derived variables with decision trees for habitat classification and change detection in complex neotropical environments, *Remote Sensing of Environment*, 112, 2145–2159.
- Shalaby,A., Ryutaro Tateishi,. (2007), Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt *Applied Geography*, 27, 28–41.
- Shetaii, SH,. Abdi, O,. (2008), Mapping of land use in mountainous regions of Zagros using ETM+ data, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 57, 129-138, Agricultural Sciences and Natural Resources university of Gorgan, Gorgan.
- Vogelmann, J.E., (2001), Completion of the 1990s national land cover data set for the conterminous United States from Landsat Thematic Mapper and ancillary data sources, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 67, 650-662.
- Wang, Y., Brian R Mitchell , Jarunee Nugranad-Marzilli, Gregory Bonyng, Yuyu Zhou, Gregory Shriver,. (2009), Remote sensing of land-cover change and landscape context of the National Parks:A case study of the Northeast Temperate Network ,*Remote Sensing of Environment*, 113, 1453–146.
- Wentz, E.A., Stefanov, W.L., Gries, C., Hope, D., (2006). Landuse and land cover mapping from diverse data sources for an arid urban environments. *Computers, Environment and Urban Systems* 30, 320–346.
- Wulder, A. Joanne C. White a, Samuel N. Goward b, Jeffrey G. Masek c,James R.

Irons c, Martin Herold d, Warren B. Cohen e, Thomas R. Loveland f, Curtis E.,(2008), Landsat continuity: Issues and opportunities for land cover

monitoring Michael A., Woodcockg Remote Sensing of Environment, 112, 955–969.

