

## SPOT5-HRG

( : )

منیژه رجب پور رحمتی<sup>۱\*</sup>، علی اصغر درویش صفت<sup>۲</sup> و علی خلیل پور<sup>۳</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، دانش آموخته جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. پست الکترونیک: rajabpoor\_forestry@yahoo.com

۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۳- کارشناس، سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور.

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۱۱

### چکیده

به منظور بررسی قابلیت تصاویر سنجنده SPOT5-HRG در تهیه نقشه انبوهی جنگلهای خزری، داده‌های این سنجنده با اندازه تفکیک مکانی ۵ و ۱۰ متر مربوط به سال ۱۳۸۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این مطالعه در منطقه‌ای به وسعت ۱۰۰۰۰ هکتار در جنوب غربی شهرستان املش در استان گیلان انجام شد. پردازش رقومی داده‌های ماهواره‌ای به روشهای مناسبی چون نسبت‌گیری، ادغام و تبدیل PCA انجام شد و تعداد زیادی باند مصنوعی همراه با باندهای اصلی، در تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی، یک نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای در سطحی حدود ۲۵۰۰ هکتار از منطقه مورد مطالعه با استفاده از ۷ قطعه عکس هوایی ۱:۴۰۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۸۰ تهیه گردید. بدین منظور بعد از تهیه آرتوفتوموزائیک رقومی عکس هوایی، تعداد ۲۵۲۰ قطعه نمونه یک هکتاری در کل سطح منطقه پیاده شد و درصد تاج‌پوشش در هر قطعه نمونه با استفاده از شبکه نقطه‌چین ۴۵ نقطه‌ای، محاسبه گردید. طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده حداقل فاصله از میانگین و حداکثر تشابه در ابتدا با ۶ طبقه انبوهی انجام شد. به دلیل تفکیک‌پذیری کم بین برخی طبقه‌ها، این طبقات در هم ادغام شدند. در نهایت طبقه‌بندی با ۳ طبقه انبوهی (۱ تا ۱۰، ۱۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۱۰۰ درصد) و یک طبقه غیرجنگل با روش حداکثر تشابه، بهترین نتیجه را در بر داشت. در این طبقه‌بندی، صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۷۴ درصد و ۰/۳۳ برآورد شد. بیشترین صحت تولیدکننده و کاربر (به ترتیب ۹۵ و ۸۲ درصد) مربوط به طبقه ۳ انبوهی (۵۰ تا ۱۰۰ درصد) و کمترین آنها (به ترتیب ۱۱ و ۳۲ درصد) مربوط به طبقه یک انبوهی (۱ تا ۱۰ درصد) بود. هرچند که صحت کلی ۷۴ درصد برای طبقه‌بندی ۴ طبقه‌ای را می‌توان نسبتاً خوب ارزیابی کرد، ولی با توجه به ضریب کاپای کم (۰/۳۳)، در مجموع نتایج طبقه‌بندی را نمی‌توان چندان مطلوب ارزیابی نمود. بنابراین برای کسب نتایج بهتر، آزمون قابلیت سنجنده‌هایی با توان تفکیک طیفی بهتر و روشهایی مانند طبقه‌بندی شیء- پایه پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ماهواره SPOT5، واقعیت زمینی، عکس‌های هوایی، نقشه انبوهی جنگل، طبقه‌بندی، صحت.

### مقدمه

شرایط کوهستانی جنگلهای ایران و امکان دسترسی کم، چندان ساده نیست. هرچند که تفسیر عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس (۱:۵۰۰۰۰ تا ۱:۲۰۰۰۰۰) به دلیل سطح زیاد جزئیات بر روی عکس‌ها، می‌تواند مفید باشد، اما خطای

برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح جنگلهای شمال کشور مستلزم در اختیار داشتن اطلاعات صحیح و به‌هنگام است. فراهم ساختن این اطلاعات در سطوح وسیع به‌ویژه در

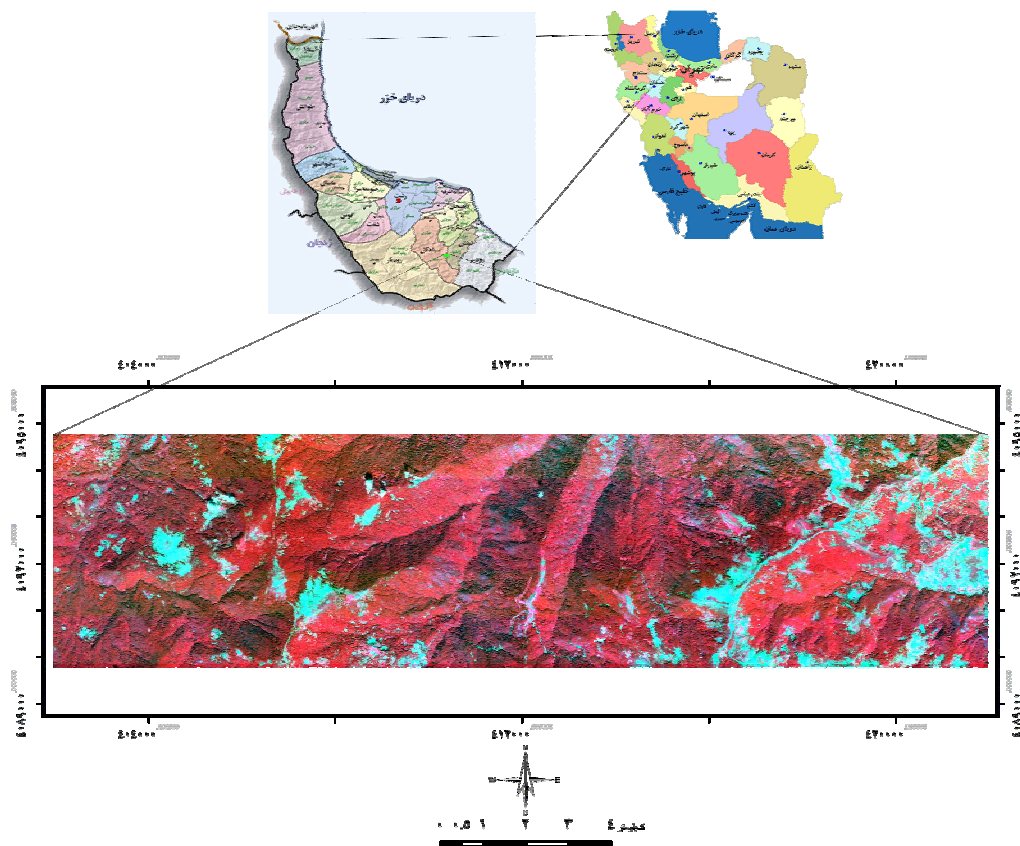
نرم (Soft classification) در جنگلهای مدیترانه‌ای ترکیه (Berberoglu & Satir, 2008) اشاره نمود. همچنین در مطالعه‌ای در جنگلهای حاره کشور نپال، چهار روش شبکه عصبی مصنوعی، برازش چند متغیره خطی، مدل FCD و روش حداکثر تشابه در برآورد تراکم تاج پوشش جنگل مورد مقایسه قرار گرفته‌اند (Jashi et al., 2006). اهمیت نقشه‌های صحیح انبوهی جنگل، تنوع توده‌های جنگلی و تصاویر ماهواره‌ای، ضرورت ادامه چنین تحقیقاتی را مطرح می‌سازد. هدف اصلی این تحقیق، بررسی توان داده‌های ماهواره‌ای سنجنده SPOT5-HRG با توان تفکیک مکانی ۵ و ۱۰ متر برای تهیه نقشه انبوهی جنگل است.

### مواد و روشها

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به وسعت ۱۰۰۰۰ هکتار در جنوب غربی شهرستان املش در استان گیلان و در محدوده جغرافیایی  $54^{\circ} 53' 49''$  تا  $24^{\circ} 07' 50''$  طول شرقی و  $56^{\circ} 06' 36''$  تا  $45^{\circ} 09' 36''$  عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). این منطقه با دامنه ارتفاعی ۴۴۰ تا ۱۹۸۰ متر بالاتر از سطح دریا، دارای شرایط کوهستانی و پستی و بلندی‌های شدید است. گونه اصلی پوشش درختی منطقه راش است که به همراه گونه‌های ممرز، بلندمازو و پلت، توده‌های ناهمسال و دانه‌زاد را تشکیل می‌دهد.

مفسر و مشکلات تفسیر در نواحی سایه عکس، موجب بروز خطا می‌شود (Johansen et al., 2007). به علاوه تفسیر عکس‌های هوایی مستلزم صرف وقت و هزینه بسیار خواهد بود. داده‌های ماهواره‌ای با ویژگی‌های خاص خود نظیر سطح پوشش وسیع، پوشش‌های تکراری و منظم، رقومی بودن و امکان تجزیه و تحلیل خودکار آنها و همچنین افزایش روزافزون توان تفکیک طیفی و مکانی، می‌تواند ابزار مناسبی برای تولید اطلاعات مورد نیاز باشد. انبوهی تاج پوشش جنگل یکی از مشخصه‌های کمی مهم در مدیریت و پایش صحیح جنگلهای شمال کشور است. روشهای مختلفی برای تهیه نقشه انبوهی جنگل وجود دارد. در این میان یافتن روشهای سریع و کم‌هزینه و در عین حال دقیق ضرورت می‌یابد. تاکنون محققان مطالعات زیادی در داخل و خارج از کشور در زمینه استفاده از داده‌های ماهواره‌ای برای تهیه نقشه انبوهی جنگل نموده‌اند؛ از آن جمله می‌توان به استفاده از روش حداکثر تشابه و حداقل فاصله از میانگین برای تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای در غرب ایران (ساروئی، ۱۳۷۸؛ احمدی ثانی، ۱۳۸۴؛ عبدالمهی، ۱۳۸۷)، تهیه نقشه تراکم تاج پوشش با استفاده از مدل FCD در شمال ایران (ساعی و آبکار، ۱۳۸۳؛ پاکخصال، ۱۳۸۵؛ معین‌آزاد تهرانی، ۱۳۸۵)، استفاده از شاخص‌های گیاهی در تعیین تراکم تاج پوشش جنگلهای زاگرس (عبدی و همکاران، ۱۳۸۸)، استفاده از روش طبقه‌بندی شیء- پایه در کشور اتریش (Dorren et al., 2003) و استفاده از روشهای طبقه‌بندی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران (الف)، استان گیلان (ب) و تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه (ج)

#### داده‌های مورد استفاده

پنجره‌ای از داده‌های سنجنده SPOT5-HRG در حالت‌های پانکروماتیک و چند طیفی به ترتیب با اندازه‌های تفکیک ۵ و ۱۰ متر (۲۰ متر در باند مادون قرمز میانی) مربوط به سال ۱۳۸۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از ۷ قطعه عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۸۰ برای تهیه نقشه واقعیت زمینی استفاده شد. همچنین نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ جدید به منظور تهیه مدل رقومی زمین، جمع‌آوری نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی عکس‌های هوایی و تهیه لایه برداری جاده‌ها و آبراه‌ها برای کنترل تصحیح هندسی استفاده گردید.

#### نقشه واقعیت زمینی

به منظور برآورد هر چه دقیق‌تر صحت نقشه‌های حاصل از داده‌های ماهواره‌ای، نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای در سطحی حدود ۲۵۰۰ هکتار از منطقه مورد مطالعه تهیه شد. در این راستا از عکس‌های هوایی جدید و نسبتاً هم‌زمان با تاریخ تصویر ماهواره‌ای با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ استفاده گردید. با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعه و وجود خطای جابه‌جایی در عکس‌های هوایی، تصحیح هندسی عکس‌ها ضمن رفع خطای جابه‌جایی ضرورت یافت. پس از اسکن کردن عکس‌های هوایی با اندازه تفکیک ۱/۲ متر، این عکس‌ها با استفاده از نقاط کنترل زمینی و مدل رقومی زمین تصحیح اُرتو شده و سپس موزائیک شدند. برای بررسی

تاج پوشش در محل این قطعات نمونه، شبکه نقطه چین ۴۵ نقطه ای طراحی شد. بر این اساس یک نقشه بُرداری شامل ۲۵۲۰ قطعه نمونه و ۴۵ نقطه درون آن تهیه و از آن برای تعیین درصد تاج پوشش در محل هر قطعه نمونه استفاده شد. با قرار دادن این نقشه بر روی اُرتوفتوموزائیک رقومی و بزرگنمایی آن در محیط نرم افزار Arc view نسبت به شمارش نقاطی که بر روی تاج پوشش قرار می گرفتند اقدام و درصد تاج پوشش از رابطه (۱) محاسبه شد:

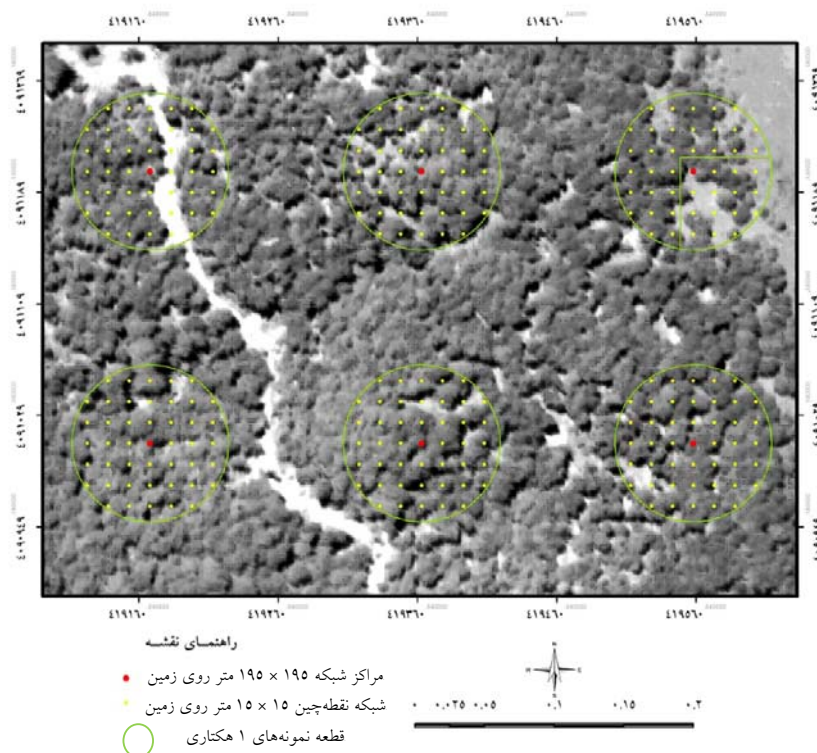
صحت هندسی عکس ها از نقشه بُرداری جاده ها و آبراهه های استخراج شده از نقشه های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد و برای تفسیر موزائیک عکس های هوایی از نظر طبقات انبوهی تاج پوشش جنگل، شبکه ای به ابعاد ۱۹۵×۱۹۵ متر طراحی شد. تعداد ۲۵۲۰ قطعه نمونه دایره ای شکل یک هکتاری (به طور دقیق ۱۰۱۲۵ مترمربع) به طور منظم تصادفی در کل سطح منطقه توزیع و مورد بررسی قرار گرفت. برای محاسبه درصد

$$\text{درصد تاج پوشش در هر قطعه نمونه} = \frac{\text{تعداد نقاط روی تاج پوشش در هر قطعه نمونه}}{\text{کل نقاط داخل هر قطعه نمونه (۴۵ نقطه)}} \times 100$$

رابطه (۱)

واقعیت زمینی از حالت بُرداری به رستری با اندازه سلول ۵ متر (اندازه سلول تصاویر ماهواره ای پس از تصحیح هندسی) تبدیل شد. در شکل ۲، نحوه قرارگیری قطعه نمونه و شبکه نقطه چین در بخشی از اُرتوفتوموزائیک منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

به این ترتیب نقشه واقعیت زمینی در ۶ طبقه انبوهی براساس تعریف شورای عالی سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور (۱-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و بیش از ۷۵ درصد) و یک طبقه غیر جنگل، تهیه شد. با توجه به ساختار رستری تصاویر ماهواره ای، ساختار نقشه



شکل ۲- نحوه قرارگیری قطعات نمونه یک هکتاری و شبکه نقطه‌چین بر روی بخشی از ارتوفتوموزائیک منطقه مورد مطالعه برای تهیه نقشه واقعیت زمینی

پردازش داده‌های ماهواره‌ای برای تجزیه و تحلیل روشهای مختلفی برای پردازش و آماده‌سازی داده‌های ماهواره‌ای به منظور استخراج هر چه بهتر اطلاعات وجود دارد. ادغام به شیوه‌های گوناگونی چون تبدیل فضای رنگ IHS (Bretschneider & Kao, 2000)، تبدیل مؤلفه‌های اصلی (Eastman, 2006) و شیوه P+XS (Bretschneider & Kao, 2000) صورت گرفت. همچنین به منظور تفکیک پوشش درختی از پوشش علفی و بوته‌ای، شاخص‌های گیاهی گوناگونی نظیر شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده (NDVI=Normalized Difference Vegetation Index) و شاخص گیاهی نسبی (Ratio=Ratio Vegetation Index) (Eastman, 2006)، شاخص گیاهی اصلی (PCVI=Principal Component Vegetation Index) (Ashutosh, 2002) و شاخص گیاهی سبز میسرا (MGVI=Misra Green Vegetation Index) (Eastman, 2006) مطرح شده‌اند. در این تحقیق با استفاده از روشهای یادشده، باندهای مصنوعی مناسب تولید شد. همچنین از تحلیل مؤلفه‌های اصلی با هدف فشردگی اطلاعات و حذف نویزها استفاده گردید. باندهای مصنوعی تولید شده به همراه باندهای اصلی در تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱).

پردازش داده‌های ماهواره‌ای برای تجزیه و تحلیل روشهای مختلفی برای پردازش و آماده‌سازی داده‌های ماهواره‌ای به منظور استخراج هر چه بهتر اطلاعات وجود دارد. ادغام به شیوه‌های گوناگونی چون تبدیل فضای رنگ IHS (Bretschneider & Kao, 2000)، تبدیل مؤلفه‌های اصلی (Eastman, 2006) و شیوه P+XS (Bretschneider & Kao, 2000) صورت گرفت. همچنین به منظور تفکیک پوشش درختی از پوشش علفی و بوته‌ای، شاخص‌های گیاهی گوناگونی نظیر شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده (NDVI=Normalized Difference Vegetation Index) و شاخص گیاهی نسبی (Ratio=Ratio Vegetation Index) (Eastman, 2006)، شاخص گیاهی اصلی (PCVI=Principal Component Vegetation Index) (Ashutosh, 2002) و شاخص گیاهی سبز میسرا (MGVI=Misra Green Vegetation Index) (Eastman, 2006) مطرح شده‌اند. در این تحقیق با استفاده از روشهای یادشده، باندهای مصنوعی مناسب تولید شد. همچنین از تحلیل مؤلفه‌های اصلی با هدف فشردگی اطلاعات و حذف نویزها استفاده گردید. باندهای مصنوعی تولید شده به همراه باندهای اصلی در تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- مجموعه باندهای مصنوعی تولید شده برای استفاده در تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای

توصیف	باند
باندهای اصلی اول تا چهارم بعد از حذف نویزها از طریق عمل عکس تبدیل مؤلفه‌های اصلی	PCAI <sub>n</sub> 1,2,3,4
مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای مرئی SPOT-5	PCAI(XS1,2)
مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای مادون قرمز SPOT-5	PCAI(XS3,4)
مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی مجموعه باندهای چند طیفی SPOT-5	PCAI(XS1,2,3,4)
دومین مؤلفه حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی مجموعه باندهای چند طیفی SPOT-5	MGVI
$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$	NDVI
$Ratio = \frac{NIR}{R}$	Ratio
$PCVI = \frac{PCA2}{PCA1}$	PCVI
$XS_{if} = \frac{2 \times P \times XS_i}{XS_1 + XS_2}$	(P+XS)1,2
باندهای حاصل از ادغام به روش IHS	IHS1,2,3
\ باندهای حاصل از ادغام مجموعه باندهای چندطیفی به روش PCA	PCA-F

XS: باند مربوط به سنجنده چند طیفی، P: باند پانکروماتیک، R: باند طیفی در طول موج قرمز، NIR: باند طیفی در طول موج مادون قرمز نزدیک

به ابعاد ۵×۵ و ۷×۷ پیکسل آزمون شد. نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر به صورت پیکسل به پیکسل با نقشه واقعیت زمینی مقایسه شد و جدول خطا تشکیل گردید. براساس این جدول، معیارهای صحت کلی، صحت تولیدکننده و کاربر و ضریب کاپا محاسبه شد.

### نتایج

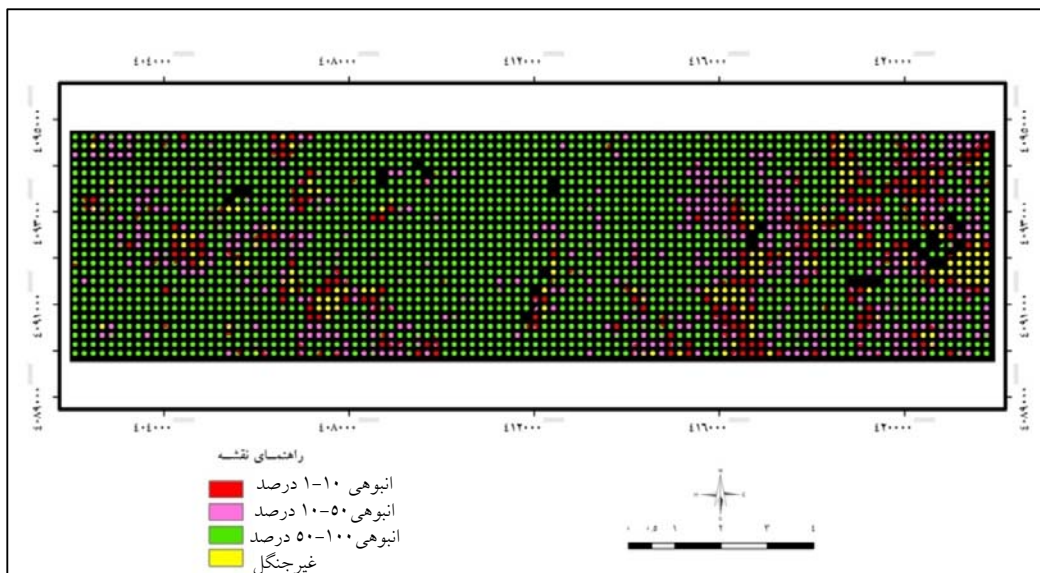
روبهم‌گذاری نقشه جاده و آبراهه‌های استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ بر روی تصاویر ماهواره‌ای آرتو شده نشان داد که این تصاویر با دقت زیاد مورد تصحیح هندسی قرار گرفته‌اند. تصحیح هندسی عکس‌های هوایی ضمن رفع خطای جابه‌جایی با خطای ریشه میانگین مربعات کمتر از ۲/۴ متر انجام شد. انطباق کامل لایه‌های بُرداری جاده‌ها و آبراهه‌ها روی اُرتوفتوموزائیک حاصل، بیانگر دقت زیاد عمل تصحیح هندسی است.

### طبقه‌بندی تصاویر و ارزیابی صحت

برای انجام طبقه‌بندی نظارت شده ابتدا بخش اندکی از واقعیت زمینی در ۶ طبقه تراکمی و یک طبقه غیرجنگل، به‌عنوان نمونه‌های تعلیمی در نظر گرفته شد. این نمونه‌ها، سطحی معادل ۳/۸ درصد از منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهند. با استفاده از نمونه‌های تعلیمی و براساس معیار واگرایی، بهترین مجموعه‌های باندی از بین باندهای اصلی و مصنوعی تولید شده، انتخاب شد. با توجه به تفکیک‌پذیری کم بین طبقه‌های انبوهی ۵ و ۶ (۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ درصد)، همچنین به دلیل تشابه و تداخل طیفی زیاد بین طبقه‌های ۱ و ۲ (۱-۵ و ۵-۱۰ درصد) و ۳ و ۴ (۱۰-۲۵ و ۲۵-۵۰ درصد)، طبقه‌بندی با ۵ طبقه (۱-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۵۰، ۵۰-۱۰۰ درصد و غیرجنگل) و ۴ طبقه (۱-۱۰، ۱۰-۵۰، ۵۰-۱۰۰ درصد و غیرجنگل) به دو روش حداقل فاصله از میانگین و حداکثر تشابه انجام شد. سپس برای بهبود نتایج بدست آمده و حذف پیکسل‌های منفرد، فیلتر مد در پنجره‌هایی

نتایج حاصل از طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای، نقشه واقعیت زمینی در ۴ و ۵ طبقه نیز از آن استخراج شد. شکل ۳، نقشه واقعیت زمینی را در ۴ طبقه نشان می‌دهد.

براساس تفسیر عکس‌های هوایی با استفاده از شبکه نقطه‌چین، نقشه واقعیت زمینی با ۶ طبقه انبوهی جنگل و یک طبقه غیرجنگل تولید گردید. در مراحل بعد بر حسب

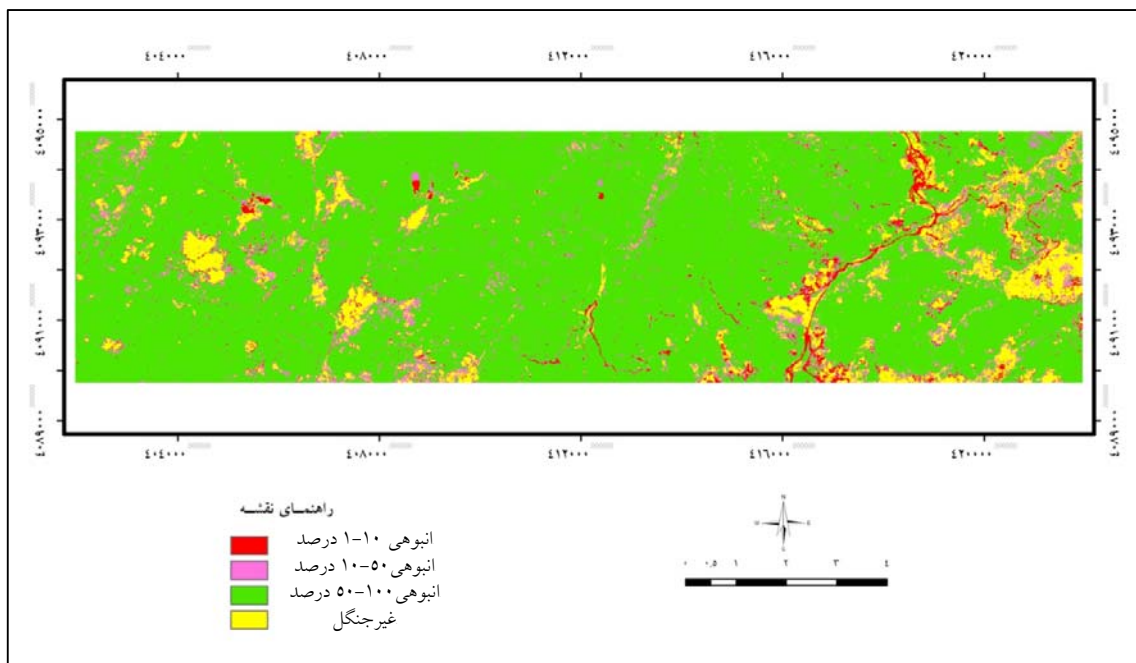


شکل ۳- نقشه واقعیت زمینی ۴ طبقه‌ای (۲۵۲۰ قطعه نمونه یک هکتاری با توزیع منظم تصادفی)

طبقه انبوهی (۱-۱۰، ۱۰-۵۰ و ۵۰-۱۰۰ درصد) و یک طبقه غیرجنگل، انجام شد. در این حالت، میزان صحت کلی و ضریب کاپا با استفاده از الگوریتم حداقل فاصله از میانگین، به ترتیب ۵۷ درصد و ۰/۱۹ و با استفاده از الگوریتم حداکثر تشابه، به ترتیب ۷۴ درصد و ۰/۳۳ برآورد شد. جدول ۲، جدول خطای طبقه‌بندی ۴ طبقه‌ای به روش حداکثر تشابه را نشان می‌دهد. اجرای فیلتر مد در پنجره‌ای به ابعاد ۷×۷ پیکسل بر روی طبقه‌بندی اخیر موجب افزایش صحت طبقه‌بندی تنها به میزان یک درصد شد. در شکل ۴، طبقه‌بندی ۴ طبقه‌ای با استفاده از روش حداکثر تشابه نشان داده شده است.

نتایج انتخاب بهترین مجموعه‌های باندی براساس میزان تفکیک‌پذیری آنها نشان داد که مجموعه ۴ باندی (اولین مؤلفه حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، شاخص گیاهی سبز میسرا، باندهای اصلی ۲ و ۴ بعد از حذف نویزها) بهترین نتیجه را در برداشت.

میزان صحت کلی و ضریب کاپا در طبقه‌بندی ۵ طبقه‌ای با استفاده از الگوریتم حداقل فاصله از میانگین، به ترتیب ۵۴ درصد و ۰/۱۷ برآورد شد. این مقادیر برای الگوریتم حداکثر تشابه ۶۸ درصد و ۰/۲۷ بود. با توجه به تشابه طیفی زیاد بین طبقه‌های ۱ و ۲ (۱-۵ و ۱۰-۵ درصد)، این طبقه‌ها با هم ترکیب شدند و طبقه‌بندی ۳



شکل ۴- نقشه حاصل از طبقه‌بندی ۴ طبقه‌ای با استفاده از الگوریتم حداکثر تشابه

جدول ۲- جدول خطای طبقه‌بندی ۴ طبقه‌ای به روش حداکثر تشابه

خطای اضافه	مجموع	واقعیت زمینی				طبقه‌بندی
		۴	۳	۲	۱	
۰/۶۸۱۷	۲۴۷۱۷	۷۹۱۱	۴۰۸۴	۴۸۵۵	۷۸۶۷	۱
۰/۶۷۶۹	۷۰۴۲۰	۷۵۷۴	۲۴۹۲۶	۲۲۷۵۲	۱۵۱۶۸	۲
۰/۱۸۰۹	۸۲۰۱۲۸	۷۴۴۸	۶۷۱۷۲۷	۱۱۸۳۰۷	۲۲۶۴۶	۳
۰/۶۳۶۹	۸۲۸۵۲	۳۰۰۸۳	۷۵۰۱	۱۵۶۷۸	۲۹۵۹۰	۴
-	۹۹۸۱۱۷	۵۳۰۱۶	۷۰۸۲۳۸	۱۶۱۵۹۲	۷۵۲۷۱	مجموع
-	-	۰/۸۹۵۵	۰/۸۵۹۲	۰/۰۵۱۶	۰/۴۳۲۶	خطای حذف

صحت کلی ۷۴٪ و ضریب کاپا ۰/۳۳

نقشه‌های انبوهی حاصل از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای فراهم نمود.

براساس نتایج حاصل از جدول خطای مربوط به روشهای مختلف طبقه‌بندی با مجموعه‌های باندهای مختلف، طبقه‌بندی ۴ طبقه‌ای (۱-۱۰، ۱۰-۵۰ و ۵۰-۱۰۰ درصد و غیرجنگل) با استفاده از روش حداکثر تشابه و با مجموعه ۴ باندهای بهترین نتیجه را دربرداشت. طبقه ۳

## بحث

تهیه نقشه واقعیت زمینی در سطحی حدود ۲۶ درصد از منطقه از طریق تفسیر چشمی-رقومی عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ با استفاده از شبکه نقطه‌چین، در ۲۵۲۰ قطعه نمونه یک هکتاری، مستلزم صرف زمان زیادی شد، ولی نقشه حاصل ارائه‌دهنده دقیقی از انبوهی جنگل مورد مطالعه بود و مبنای مطمئنی را برای برآورد صحت



نیز در تحقیق خود در قسمتی از جنگلهای حاره به نتایج مشابهی دست یابند.

لازم به ذکر است که عدم یکپارچگی طبقه‌ها در منطقه مورد مطالعه این تحقیق موجب افزایش نسبت محیط به مساحت و در نتیجه افزایش میزان پیکسل‌های مخلوط در مرزها و در نهایت افزایش خطا شده است. از آن جا که بیشترین خطاها در مرز بین طبقات رخ می‌دهد، می‌توان انتظار داشت که در صورت وجود طبقه‌های یکپارچه، به نتایج بهتری دست یافت. از طرف دیگر، با توجه به تداخل طیفی زیاد طبقه غیرجنگل با طبقات انبوهی کم جنگل، چنانچه در یک طبقه‌بندی سلسله مراتبی در مرحله اول، محدوده جنگل از غیرجنگل تفکیک گردد و بعد طبقه‌بندی تنها در محدوده جنگل صورت گیرد، می‌توان به نقشه صحیح‌تری از انبوهی جنگل دست یافت.

#### منابع مورد استفاده

- احمدی ثانی، ن.، ۱۳۸۴. بررسی قابلیت سنجنده ASTER جهت تهیه نقشه تراکم جنگلهای زاگرس (مطالعه موردی: جنگلهای شهرستان مریوان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۸۷ صفحه.
- پاکخصال، الف.، ۱۳۸۵. طبقه‌بندی تراکم تاج‌پوشش جنگل با استفاده از داده‌های سنجنش از دوری در حوزه سفارود گیلان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ۱۰۴ صفحه.
- ساروئی، س.، ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه‌بندی جنگل به‌لحاظ تراکم در جنگلهای زاگرس به‌کمک داده‌های ماهواره‌ای به روش رقومی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۲۲ صفحه.
- ساعی، م. و آبکار، ع.ا.، ۱۳۸۳. تهیه نقشه تراکم جنگل با استفاده از فناوری سنجنش از دور. همایش ژئوماتیک ۸۸ سازمان نقشه‌برداری کشور.
- عبدالمی، ه.، ۱۳۸۷. مقایسه قابلیت داده‌های لندست ۷ و IRS-P6 در تهیه نقشه تراکم تاج‌پوشش جنگلهای زاگرس (مطالعه موردی جنگلهای شهرستان جوازورد).

انبوهی (۵۰-۱۰۰ درصد) دارای بیشترین صحت تولیدکننده و کاربر و نزدیک به هم به ترتیب برابر ۹۵ و ۸۲ درصد می‌باشد و نشان‌دهنده طبقه‌بندی مطلوب این طبقه است. طبقه یک انبوهی (۱-۱۰ درصد) به دلیل تشابه طیفی زیاد با طبقه غیرجنگل، دارای کمترین صحت تولیدکننده و کاربر به ترتیب با ۱۱ و ۳۲ درصد می‌باشد. براساس آمار حاصل از نقشه واقعیت زمینی که به‌خوبی بیانگر وضعیت منطقه است، حدود ۷۲ درصد (۱۸۰۰ هکتار) از منطقه دارای طبقه انبوهی ۵۰-۷۵ و بیش از ۷۵ درصد است و حدود ۲۸ درصد دیگر (۷۰۰ هکتار) به سایر طبقه‌ها اختصاص دارد.

به‌رغم صحت کلی نسبتاً خوب کسب شده در طبقه‌بندی با ۴ طبقه، ولی با توجه به ضریب کاپای کم (۰/۳۳) نتایج طبقه‌بندی چندان مطلوب ارزیابی نشد. این نکته با نتیجه‌گیری‌های تحقیقات پیشین (احمدی ثانی، ۱۳۸۴؛ ساروئی، ۱۳۷۸؛ عبدالمی، ۱۳۸۷؛ Roy et al., 1996) چندان همسو نیست. مسلماً نوع سنجنده مورد استفاده تأثیر به‌سزایی در نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها دارد. اگرچه سنجنده مورد استفاده در این تحقیق دارای توان تفکیک مکانی بیشتری نسبت به داده‌های مورد استفاده در دیگر تحقیقات یادشده است، ولی توان تفکیک طیفی کمتر و در حقیقت تعداد باندهای طیفی کمتر می‌تواند موجب چنین تفاوتی شده باشد. علاوه بر این، شرایط متفاوت رویشگاهی نیز ممکن است بر روی نتایج تأثیر گذاشته باشد. به‌طوری که منطقه مورد مطالعه که بخشی از جنگلهای شمال ایران را تشکیل می‌دهد، در بیشتر قسمت‌ها دارای پوشش انبوه می‌باشد و تغییرات انبوهی به‌صورت تدریجی رخ داده است. در حقیقت، مرز مشخصی بین طبقه‌های مختلف انبوهی وجود ندارد. از این‌رو، طبقه‌بندی حداکثر تشابه نیز که دارای برتری نسبی به سایر روشهای مورد استفاده است، نتوانسته تراکم تاج‌پوشش جنگل را به‌خوبی طبقه‌بندی کند. این تغییرات تدریجی انبوهی جنگل باعث شد تا Jashi et al. (2006)

- Bretschneider, T. and Kao, O., 2000. Image fusion in remote sensing. Open System Engineering Environment (OSEE): 1-8.
- Dorren, L.K., Maier, A.B. and Seijmonsbergen, A.C., 2003. Improved Landsat-based forest mapping in steep mountainous terrain using object-based classification. Forest Ecology and Management, 183: 31-46.
- Eastman, J. R., 2006. IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing. CLARK University, Version 15.00, 327 p.
- Jashi, C., Leeuw, J.D., Skidmore, A.K., Duren, I.C.V. and Oosten, H.V., 2006. Remotely sensed estimation of forest canopy density: a comparison of the performance of four methods. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8: 84-95.
- Johansen, K., Coops, N.C., Gergel, S.E. and Stange, Y., 2007. Application of high spatial resolution satellite imagery for riparian and forest ecosystem classification. Remote Sensing of Environment, 110 (1): 29-44.
- Roy, P.S., Sharma, K.P. and Jain, A., 1996. Stratification of density in dry deciduous forest using satellite remote sensing digital data-an approach based on spectral indices. Journal of Biosciences, 21 (5): 723-734.
- پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰۵ صفحه.
- عبدی، ا.، اکبری، ح.، سوسنی، ج. و شیروانی، ز.، ۱۳۸۸. مقایسه شاخص‌های گیاهی در تعیین تراکم پوشش جنگلهای زاگرس با استفاده از داده‌های سنجنده ETM<sup>+</sup> همایش ژئوماتیک ۸۸ سازمان نقشه‌برداری کشور.
- معین آزاد تهرانی، س. م.، ۱۳۸۵. ارزیابی مدل FCD جهت برآورد تراکم جنگل با استفاده از داده‌های لندست ۷. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۹۵ صفحه.
- Ashutosh, S., 2002. Principal component-based algorithm on multispectral remote sensing data for spectral discrimination of tree cover from other vegetation types. Current Science, 82: 67-69.
- Berberoglu, S. and Satir, O., 2008. Fuzzy classification of Mediterranean type using ENVISAT MERIS data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress Beijing 2008, Proceedings of Commission VIII.

## Capability of SPOT5-HRG data for forest density mapping (Case study: Deilaman forests in Guilan province)

M. Rajabpour<sup>1\*</sup>, A.A. Darvishsefat<sup>2</sup> and A. Khalilpour<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> - Corresponding author, M.Sc. student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

E-mail: rajabpoor\_forestry@yahoo.com.

<sup>2</sup> - Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

<sup>3</sup> - Research Expert, Forest, Range and Watershed Management Organization of Iran.

### Abstract

In order to investigate the capability of SPOT5-HRG data for forest density mapping in Caspian forests, the data of this sensor with 5 and 10 spatial resolutions dated 2002 were analyzed. The study area with 10000 ha is located in south western of Amlash city in Guilan province. In addition to original bands, some synthetic bands using ratio, fusion and transformation methods were created and used. In order to accuracy assessment of classification results, a ground truth map covering 26% of total area was prepared based on seven aerial photos (1:40000) dated 2001. The aerial photos were orthorectified and mosaiced. A total of 2520 circle sample plots with one ha area were selected on the digital orthophotomosaic. Canopy closure percent of each plot was interpreted using a 45 dot grid. Satellite data were classified by supervised classification methods including minimum distance to mean (MD) and maximum likelihood (ML). The highest overall accuracy and kappa coefficient equal to 74% and 0.33 were obtained by maximum likelihood classifier with four classes (1-10%, 10-50%, 50-100% and non-forest). Third density class (50-100%) represented highest producer and user accuracy, 95% and 82%, respectively. Lower producer and user accuracy were related to first density class 11% and 32%, respectively. It could be concluded that due to low kappa coefficient (0.33), even if reaching to pretty good overall accuracy (74%), the result of classification was not desirable. To obtain a better result, it is suggested to test other classification methods like object-based. Using higher spectral resolution data are also offered.

**Key words:** SPOT5 satellite, ground truth, aerial photos, forest density map, classification, accuracy.