

SPOT5-HRG

() : ()

مئیه رجب پور رحمتی^{۱*}، علی اصغر درویش صفت^۲ و علی خلیل بور^۳

- ۱- نویسنده مسئول، دانش آموخته جنگل داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. پست الکترونیک: rajabpoor_forestry@yahoo.com
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۳- کارشناس، سازمان جنگلهای، مراتع و آبخیزداری کشور.
تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۰/۲۸

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 ۱۰۰۰ 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 ۱:۴۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۸۰ تهیه گردید. بدین‌منظور بعد از تهیه اُرتوفتوژوئیک رقومی عکس هوایی، تعداد ۲۵۲۰ قطعه نمونه یک هکتاری در کل سطح منطقه پیاده شد و در صد تاچ پوشش در هر قطعه نمونه با استفاده از شبکه نقطه‌ای ۴۵ نقطه‌ای، محاسبه گردید. طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده حداقل فاصله از میانگین و حداقل تشابه در ابتدا با ۶ طبقه انبوهی انجام شد. بدليل تفکیک‌پذیری کم بین برخی طبقه‌ها، این طبقات در هم ادغام شدند. در نهایت طبقه‌بندی با ۳ طبقه انبوهی (۱ تا ۱۰ تا ۵۰ تا ۱۰۰ درصد) و یک طبقه غیرجنگل با روش حداقل تشابه، بهترین نتیجه را در بر داشت. در این طبقه‌بندی، صحت کلی و ضریب کاپا بهترتب ۷۴ درصد و ۰/۲۳ برآورد شد. بیشترین صحت تولیدکننده و کاربر (بهترتب ۹۵ و ۸۲ درصد) مربوط به طبقه ۳ انبوهی (۵۰ تا ۱۰۰ درصد) و کمترین آنها (بهترتب 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 کاپا کم (۰/۳۳)، در مجموع نتایج طبقه‌بندی را نمی‌توان چندان مطلوب ارزیابی نمود. بنابراین برای کسب نتایج بهتر، آزمون قابلیت سنجندهایی 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.

شرایط کوهستانی جنگلهای ایران و امکان دسترسی کم، چندان ساده نیست. هرچند که تفسیر عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس (۱:۵۰۰۰۰ تا ۱:۲۰۰۰۰) بهدلیل سطح زیاد جزئیات بر روی عکس‌ها، می‌تواند مفید باشد، اما خطای

مقدمه

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

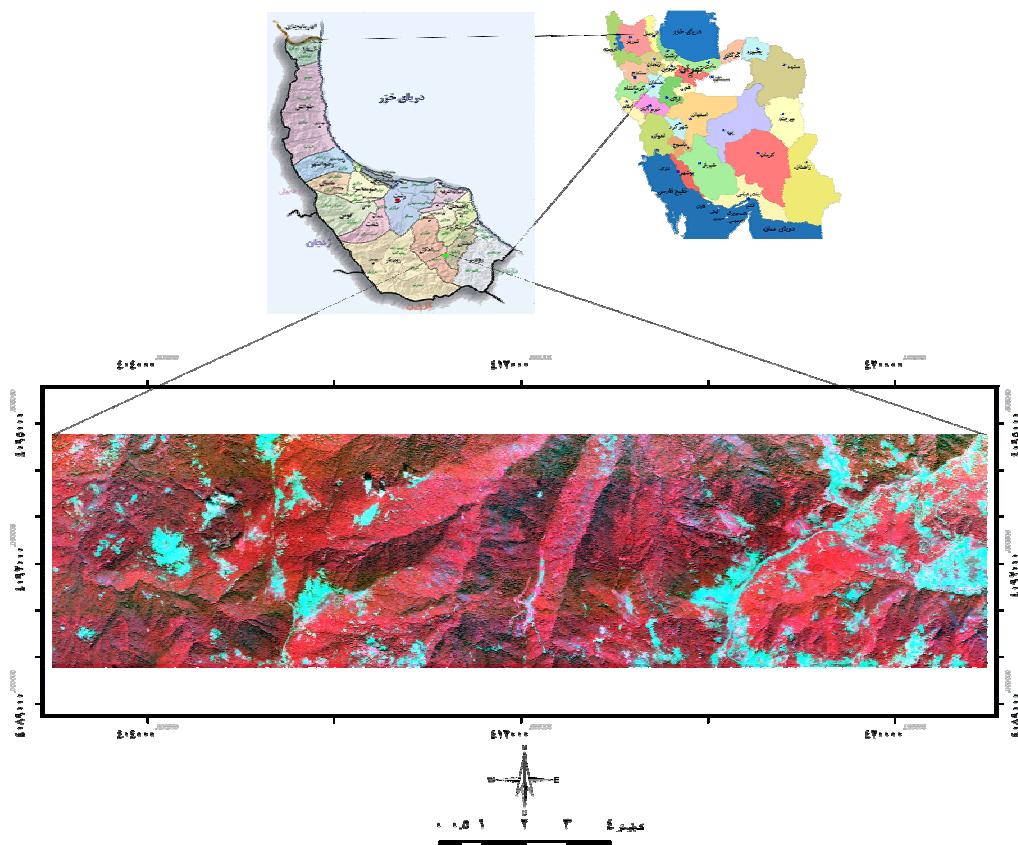
نرم (Soft classification) در جنگلهای مدیترانه‌ای ترکیه (Berberoglu & Satir, 2008) اشاره نمود. همچنین در مطالعه‌ای در جنگلهای حاره کشور نپال، چهار روش شبکه عصبی مصنوعی، برازش چند متغیره خطی، مدل FCD و روش حداکثر تشابه در برآورد تراکم تاج پوشش جنگل مورد مقایسه قرار گرفته‌اند (Jashi *et al.*, 2006). اهمیت 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 $۳۶^{\circ} ۳۶^{\prime}$ تا $۴۵^{\circ} ۵۹^{\prime}$ طول شرقی و $۵۶^{\circ} ۵۶^{\prime}$ تا $۵۴^{\circ} ۵۳^{\prime}$ 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 مرز، 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 نظری 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؛ عبدالهی، ۱۳۸۷)، تهیه نقشه تراکم تاج پوشش با استفاده از مدل FCD در شمال ایران (ساعی و آبکار، ۱۳۸۳؛ پاکحصلال، 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)

نقشه واقعیت زمینی

به‌منظور برآوردهای 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 $1/2$ متر، این عکس‌ها با استفاده از نقاط کنترل زمینی و مدل رقومی زمین تصحیح اُرتو شده و سپس موzaییک شدند. برای بررسی

داده‌های مورد استفاده

پنجره‌ای از داده‌های سنجنده SPOT5-HRG در حالتهای پانکروماتیک و چند طیفی به‌ترتیب با اندازه‌های تفکیک ۵ و ۱۰ متر (20 متر در باند مادون قرمز میانی) مربوط به سال ۱۳۸۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از ۷ قطعه عکس‌های هوایی $1:40000$ مربوط به سال ۱۳۸۰ برای تهیه نقشه واقعیت زمینی استفاده شد. همچنین نقشه‌های توپوگرافی رقومی $1:25000$ جدید به‌منظور تهیه مدل رقومی زمین، جمع‌آوری نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی عکس‌های هوایی و تهیه لایه بُرداری جاده‌ها و آبراهه‌ها برای کنترل تصحیح هندسی استفاده گردید.

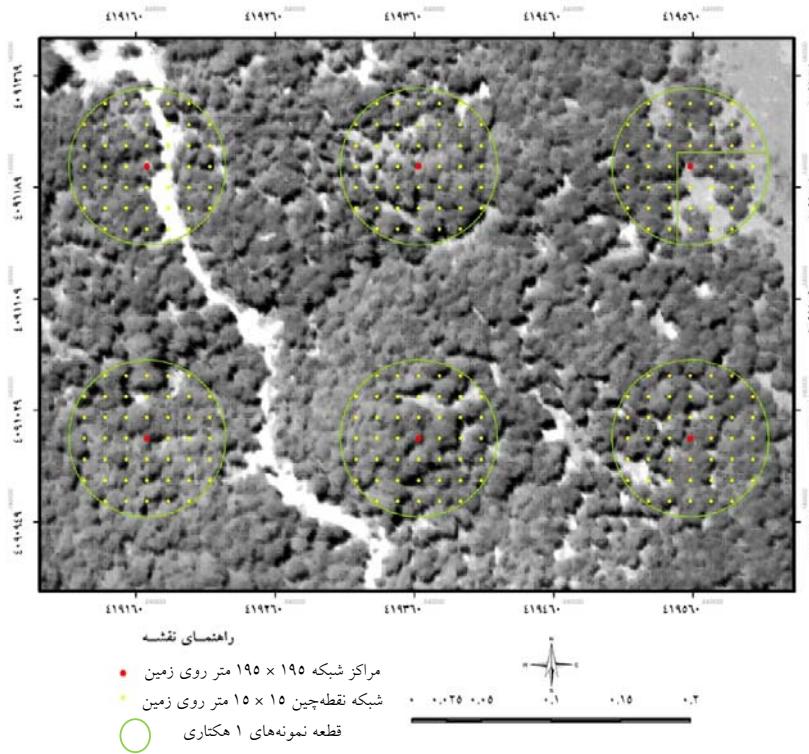
تاجپوشش در محل این قطعات نمونه، شبکه نقطه‌چین ۴۵ نقطه‌ای طراحی شد. بر این اساس یک نقشه بُرداری شامل ۲۵۲۰ قطعه نمونه و ۴۵ نقطه درون آن تهیه و از آن برای تعیین درصد تاجپوشش در محل هر قطعه نمونه استفاده شد. با قرار دادن این نقشه بر روی ارتوفتوموزائیک رقومی و بزرگنمایی آن در محیط نرم‌افزار Arc view نسبت به شمارش نقاطی که بر روی تاجپوشش قرار می‌گرفند اقدام و درصد تاجپوشش از رابطه (۱) محاسبه شد:

صحت هندسی عکس‌ها از نقشه بُرداری جاده‌ها و آبراهه‌های استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد و برای تفسیر موزائیک عکس‌های هوایی از نظر طبقات انبوهای تاجپوشش جنگل، شبکه‌ای به ابعاد 195×195 متر طراحی شد. تعداد ۲۵۲۰ قطعه نمونه دایره‌ای شکل یک هکتاری (به طور دقیق ۱۰۱۲۵ مترمربع) به‌طور منظم تصادفی در کل سطح منطقه توزیع و مورد بررسی قرار گرفت. برای محاسبه درصد

$$\text{رابطه} \quad (1) = \frac{\text{تعداد نقاط روی تاجپوشش در هر قطعه نمونه}}{\text{درصد تاجپوشش در هر قطعه نمونه}} \times 100 - \frac{\text{کل نقاط داخل هر قطعه نمونه (۴۵ نقطه)}}$$

واقعیت زمینی از حالت بُرداری به رستري با اندازه سلول ۵ متر (اندازه سلول تصاویر ماهواره‌ای پس از تصحیح هندسی) تبدیل شد. در شکل ۲، نحوه قرارگیری قطعه‌نمونه و شبکه نقطه‌چین در بخشی از ارتوفتوموزائیک منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

به این ترتیب نقشه واقعیت زمینی در ۶ طبقه انبوهی براساس تعریف شورای عالی سازمان جنگلهای، مراتع و آبخیزداری کشور (۱۰-۵، ۲۵-۱۰، ۵۰-۲۵، ۷۵-۵۰ و بیش از ۷۵ درصد) و یک طبقه غیرجنگل، تهیه شد. با توجه به ساختار رستري تصاویر ماهواره‌ای، ساختار نقشه



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

(Eastman, 2006) (Ratio=Ratio Vegetation Index) PCVI=Principal Component Vegetation Index (Ashutosh, 2002) (Component Vegetation Index MGVI=Misra Green (Eastman, 2006) (Vegetation Index) شاخص گیاهی سبز میسرا (Eastman, 2006) مطرح شده‌اند. در این تحقیق با استفاده از روش‌های یادشده، باندهای مصنوعی مناسب تولید شد. همچنین از تحلیل مؤلفه‌های اصلی با هدف فشرده‌سازی 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 (Bretschneider & Kao, 2000) IHS P+XS (Eastman, 2006) و شیوه مؤلفه‌های اصلی (Bretschneider & Kao, 2000) صورت گرفت. همچنین به منظور تفکیک پوشش درختی از پوشش علفی و بوته‌ای، شاخص‌های گیاهی گوناگونی نظری شاخص تفاوت گیاهی NDVI=Normalized Difference (Vegetation Index نرمال شده و شاخص گیاهی نسبی

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

توضیف	باند
باندهای اصلی اول تا چهارم بعد از حذف نویزها از طریق عمل عکس تبدیل مؤلفه‌های اصلی مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای مرئی-5	PCAI1,2,3,4
مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای مادون قرمز-5	PCA1(XS1,2)
مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای چند طیفی-5	PCA1(XS3,4)
مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی مجموعه باندهای چند طیفی-5	PCA1(XS1,2,3,4)
دومین مؤلفه حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی مجموعه باندهای چند طیفی-5	MGVI
$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$	NDVI
$\text{Ratio} = \frac{\text{NIR}}{\text{R}}$	Ratio
$\text{PCVI} = \frac{\text{PCA2}}{\text{PCA1}}$	PCVI
$\text{XS}_{\text{if}} = \frac{2 \times \text{P} \times \text{XS}_1}{\text{XS}_1 + \text{XS}_2}$	(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 5×5 و 7×7 پیکسل آزمون شد. نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر به صورت پیکسل به پیکسل به 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

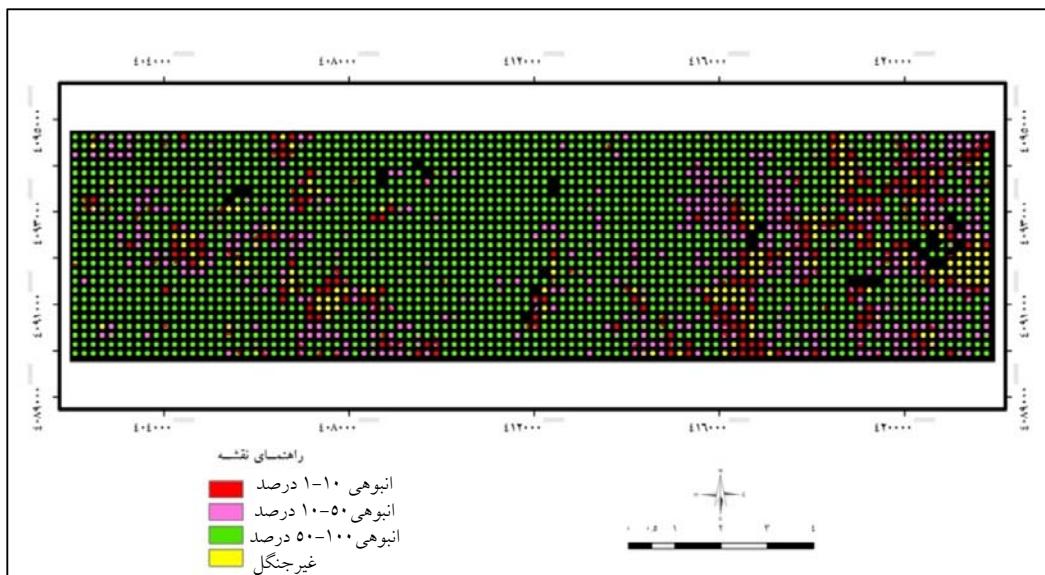
رویهم گذاری نقشه جاده و آبراهه‌های استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ بر روی تصاویر ماهواره‌ای ارتو شده نشان داد که این تصاویر با دقت زیاد مورد تصحیح هندسی قرار گرفته‌اند. تصحیح هندسی عکس‌های هوایی ضمن رفع خطای جابه‌جای با خطای ریشه میانگین مربعات کمتر از $2/4$ متر انجام شد. اطباق کامل لایه‌های بُرداری جاده‌ها و آبراهه‌ها روی اُرتوفتوژئیک 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، به عنوان نمونه‌های تعلیمی در نظر گرفته شد. این نمونه‌ها، سطحی معادل $3/8$ 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 ($75-50$ و $100-75$ درصد)، همچنین به دلیل تشابه و تداخل طیفی زیاد بین طبقه‌های ۱ و ۲ ($5-1$ و $10-5$ درصد) و طبقه‌های ۳ و ۴ ($25-10$ و $50-25$ درصد)، طبقه‌بندی با ۵ طبقه ($5-1$ ، $10-5$ ، $50-10$ ، $100-50$ درصد و غیرجنگل) و ۴ طبقه ($10-1$ ، $50-10$ ، $100-50$ درصد و غیرجنگل) به دو روش حداقل فاصله از میانگین و حداقل تشابه انجام شد. سپس برای بهبود نتایج بدست آمده و حذف پیکسل‌های منفرد، فیلتر مدد 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 انبوی جنگل و یک طبقه غیرجنگل تولید گردید. در مراحل بعد بر حسب

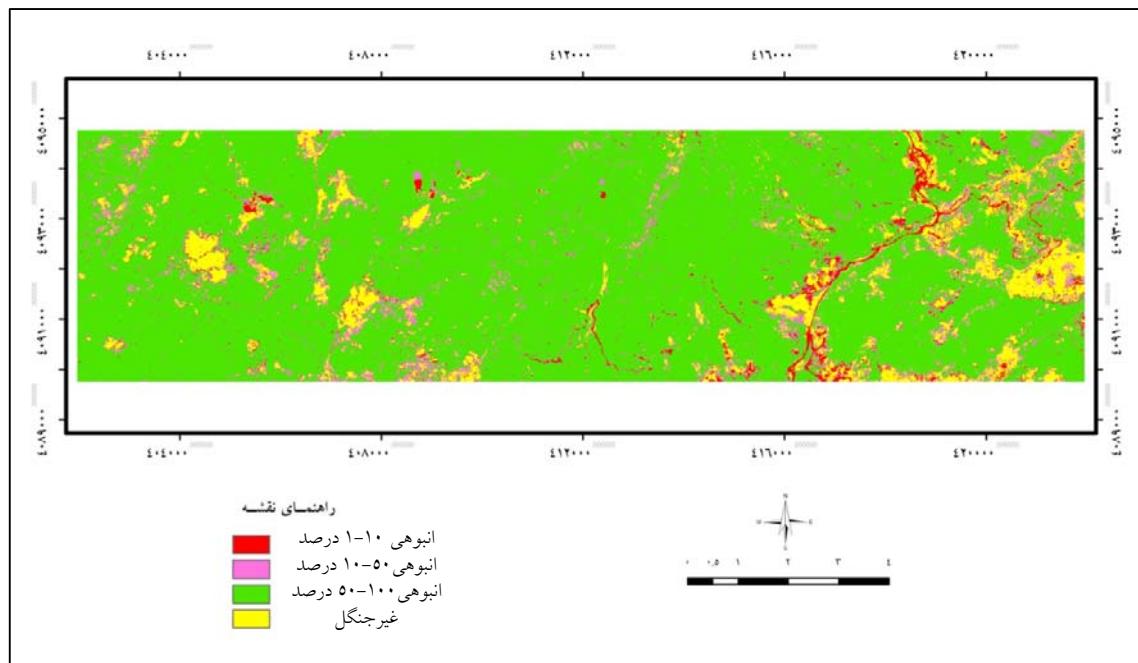


شکل ۳- نقشه واقعیت زمینی ۴ طبقه‌ای (۲۵۲۰ قطعه نمونه یک هکتاری با توزیع منظم تصادفی)

طبقه انبوی (۱۰-۱، ۱۰-۱۰ و ۱۰۰-۵۰ 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 جداکثر 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 جداکثر 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 میسراء، 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 جداکثر تشابه ۶۸ درصد و ۰/۲۷ بود. با توجه به تشابه طیفی زیاد بین طبقه‌های ۱ و ۲ (۵-۱ و ۱۰-۵ درصد)، این طبقه‌ها با هم ترکیب شدند و طبقه‌بندی با ۳



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

جدول ۲- جدول خطای طبقه‌بندی ۴ طبقه‌ای به روش حداقل 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	۷۷۱۷۲۷	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 ابوهی حاصل از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای فراهم نمود.

براساس نتایج حاصل از جدول خطای مربوط به روشهای مختلف طبقه‌بندی با مجموعه‌های باندی مختلف، طبقه‌بندی ۴ طبقه‌ای (۱۰-۱، ۱۰-۵۰ و ۱۰۰-۵۰ درصد و غیرجنگل) با استفاده از روش حداقل تشابه و با مجموعه ۴ باندی 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 ابوهی 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 خطأ شده است. از آن جا که بیشترین خطاهای 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 انبوھی کم جنگل، چنان‌چه در یک طبقه‌بندی سلسه مراتبی در مرحله اول، محدوده جنگل از غیرجنگل تفکیک گردد و بعد طبقه‌بندی تنها در محدوده جنگل صورت گیرد، می‌توان به نقشه صحیح‌تری از انبوھی جنگل دست یافت.

منابع مورد استفاده

- احمدی ثانی، ن.، ۱۳۸۴. بررسی قابلیت سنجنده ASTER جهت تهیه نقشه تراکم جنگلهای زاگرس (مطالعه موردي: جنگلهای شهرستان مریوان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۸۷ صفحه.
- پاکخصال، الف.، ۱۳۸۵. طبقه‌بندی تراکم تاج‌پوشش جنگل با استفاده از داده‌های سنجش از دوری در حوزه شفارود گیلان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ۱۰۴ صفحه.
- ساروئی، س.، ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه‌بندی جنگل به لحاظ 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.، ۱۳۸۳. تهیه نقشه تراکم جنگل با استفاده از فناوری سنجش از دور. همایش ژئوماتیک ۸۸ سازمان نقشه‌برداری کشور.
- عبدالهی، م.، ۱۳۸۷. مقایسه قابلیت داده‌های لندست ۷ و IRS-P6 در تهیه نقشه تراکم تاج‌پوشش جنگلهای زاگرس (مطالعه موردي جنگلهای شهرستان جوانرود).

انبوھی (۱۰۰-۵۰ درصد) دارای بیشترین صحت تولیدکننده و کاربر و نزدیک بهم به ترتیب برابر ۹۵ و ۸۲ درصد می‌باشد و نشان‌دهنده طبقه‌بندی مطلوب این طبقه است. طبقه یک انبوھی (۱۰-۱ درصد) به‌دلیل 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 انبوھی ۷۵-۵۰ و بیش از ۷۵ درصد است و حدود ۲۸ درصد دیگر (۷۰۰ هکتار) به سایر طبقه‌ها اختصاص دارد.

به رغم 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، Roy et al., ۱۳۸۴؛ ساروئی، ۱۳۷۸؛ عبدالهی، ۱۳۸۷؛ ۱۹۹۶) چندان همسو نیست. مسلمًا 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 بیشتر 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 انبوھی می‌باشد و تغییرات انبوھی به صورت تدریجی رخ داده است. در حقیقت، مرز مشخصی بین طبقه‌های مختلف انبوھی وجود ندارد. از این‌رو، طبقه‌بندی حداقل تشابه نیز که دارای برتری نسبی به سایر روشهای مورد استفاده است، نتوانسته تراکم تاج‌پوشش جنگل را به‌خوبی طبقه‌بندی کند. این تغییرات تدریجی انبوھی 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، ح. و شیروانی، ز.، ۱۳۸۸. مقایسه شاخص های گیاهی در تعیین تراکم پوشش جنگلهای زاگرس با استفاده از داده های سنجنده ETM⁺ همایش رئوماتیک ۸۸ سازمان نقشه برداری کشور.
- معین آزاد تهرانی، س. م.، ۱۳۸۵. ارزیابی مدل FCD جهت برآورد تراکم جنگل با استفاده از داده های 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^{1*}, A.A. Darvishsefat² and A. Khalilpour³

1^{*}- Corresponding author, M.Sc. student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
E-mail: rajabpoor_forestry@yahoo.com.

2- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

3- 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.