

طبقه‌بندی تراکم تاج پوشش جنگلهای خزری با استفاده از مدل FCD (مطالعه موردی: حوضه شفارود گیلان)

الهام پاکخصال^{۱*} و امیراسلام بنیاد^۲

*- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا. پست الکترونیک:

a_morady1350@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱۰

چکیده

تهیه نقشه جنگلها، به‌ویژه در مناطق کوهستانی مشکل و پرهزینه است. برای این منظور استفاده از داده‌های ماهواره‌ای راه حل مناسبی به نظر می‌رسد. در این بررسی از داده‌های سنجنده Landsat ETM+ برای تهیه نقشه طبقه‌بندی تراکم تاج پوشش جنگل با استفاده از مدل FCD در حوضه شفارود گیلان استفاده شده است. نقشه تراکم جنگل با استفاده از طبقه‌های تراکم تاج پوشش ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵، ۷۵-۱۰۰ و ۱۰۰-۱۲۵ درصد و یک طبقه فاقد جنگل (بایر) تهیه شد. در روش تهیه نقشه تاج پوشش جنگل با استفاده از مدل FCD، بر روی تصاویر Landsat ETM+ از چهار شاخص پوشش گیاهی، خاک، سایه و شاخص حرارتی با اعمال حد آستانه مناسب استفاده شد و بعد شاخص سایه پیشرفته و شاخص سایه هم‌مقیاس شده، محاسبه گردید. سپس شاخص تراکم گیاهی و نقشه انبوهی تاج پوشش گیاهی بر مبنای مدل FCD برحسب درصد بدست آمد. به منظور برآورد صحت نقشه طبقه‌بندی شده تراکم جنگل، یک نقشه واقعیت زمینی به صورت صددرصد با استفاده از ارتوفتوموزاییک عکس‌های هوایی منطقه و ترسیم شبکه میلی‌متری به ابعاد ۱۰×۱۰ میلی‌متر و بزرگ‌نمایی مناسب عکسها تهیه شد. تصویر حاصل با استفاده از روش حداکثر احتمال، طبقه‌بندی شد و صحت کلی و ضریب کاپای آن به ترتیب ۷۱ درصد و ۰/۶۱ بدست آمد. نتایج حاصل نشان داد که نقشه حاصل از مدل FCD با استفاده از داده‌های ETM+ با واقعیت زمینی نزدیک است و با بررسی ماتریس خطا در کلیه هفت مرحله محاسبه FCD، عدم توانایی مدل در ارائه تاج پوشش‌های میانی تنک و نیمه‌انبوه مشهود می‌باشد. درحالی‌که بعکس تاج پوشش‌های بالا و نیز مناطق فاقد تاج پوشش و یا دارای تاج پوشش بسیار تنک (کمتر از ۵ درصد)، به خوبی توسط مدل تشخیص داده می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: ماهواره، پوشش گیاهی، خاک، سایه، حرارت، عکس هوایی

مقدمه

می‌پردازند و نقاط ضعف و قوت هر کدام، با توجه سابقه طولانی بکارگیری آنها شناخته شده است، در حالی که تصمیم‌گیری در مورد انتخاب روشهای پیش‌بینی میزان تراکم پوشش جنگل، به دلیل عدم ارزیابی نتایج پیاده‌سازی هر روش، قدری دشوار است. در این رابطه مدل FCD در مقایسه با مدل‌های دیگر به دلیل نیاز به داده‌های تعلیمی اندکی دارد و بکارگیری باند حرارتی که خود حاوی

علم سنجش از دور به دلیل افزایش تعداد ماهواره‌ها با سنجنده‌های الکترونیکی و تصویری قادر به فراهم ساختن داده و تصویر از عوارض طبیعی و مصنوعی از سطح زمین و اتمسفر هستند (Latifi, 2005). منابع جنگلی به‌ویژه جنگلهای طبیعی یکی از منابع زیست‌محیطی به حساب می‌آیند. الگوریتم‌هایی که به بررسی تغییرات سطح جنگل

از مجموعه گسترده‌ای از داده‌های کمکی و لایه‌های موجود در GIS استفاده نمودند.

نقشه حاصل از مدل FCD با واقعیت زمینی نزدیک‌تر و دقت آن نیز از نقشه‌های حاصل از سایر ترکیبات باندی بیشتر است. هدف این تحقیق بررسی قابلیت داده‌های سنجنش از دور از نوع ETM+ لندست ۷ به منظور تهیه نقشه تراکم تاج‌پوشش با استفاده از الگوریتم FCD در جنگلهای کوهستانی حوضه شفارود گیلان است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

این بررسی در منطقه‌ای به وسعت ۷۸۸۰ هکتار واقع در حوضه آبخیز شفارود استان گیلان انجام شد (شکل ۱). طول جغرافیایی منطقه مورد مطالعه از $48^{\circ} 48' 02''$ تا $48^{\circ} 57' 13''$ شرقی و عرض جغرافیایی آن از $37^{\circ} 24' 22''$ تا $37^{\circ} 27' 20''$ شمالی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه دارای پستی و بلندیهای زیاد است، به طوری که مرزهای غرب و جنوب غربی نزدیک به خط‌الراس رشته کوه تالش در ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری و مرزهای شرقی آن تقریباً منطبق بر خط تغییر شیب کوهستان با جلگه ساحلی خزر در ارتفاع ۱۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. اختلاف ارتفاع قابل توجه بین سرچشمه تا سطح اساس رودخانه‌ها و فاصله کم بین این دو، دره‌های عمیق و شیب‌های تند از ویژگیهای بارز محیطی منطقه است. به طور کلی در عمده سطح منطقه شیب بین ۳۱ تا ۸۰ درصد و در بعضی قسمتها بیش از ۸۰ درصد می‌باشد.

اطلاعات مهمی است، مورد توجه قرار گرفته است (Taefi, 2006). این مدل که برای جنگلهای حاره‌ای آسیای جنوب شرقی توسعه یافته است را می‌توان یک مدل نیمه‌متبخر دانست که برای برآورد تراکم پوشش جنگلی به نمونه‌های تعلیمی نیاز ندارد (Moeinazad Tehrani et al., 2007). (Naseri et al., 2002) به طبقه‌بندی تاج‌پوشش جنگل و برآورد مشخصه‌های کمی آنها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست ETM+ در جنگلهای مناطق خشک و نیمه‌خشک پرداخته‌اند. (Mirakhorlou & Amani, 2004) تراکم تاج‌پوشش جنگل را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای تخمین زدند. در این بررسی امکان استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ برای تهیه نقشه تراکم تاج‌پوشش در چهار منطقه از جنگلهای شمال کشور مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. (Bonyad, 1995) گونه‌های مختلف سوزنی‌برگان را در ایرلند با استفاده از مدل LDF تفکیک نموده و از شاخص‌های گیاهی و PCA استفاده کرده است. (Caren et al., 2001) و (Alvarez et al., 2003) گزارش نموده‌اند که تشابه طیفی بین گونه‌های خزان‌کننده صحت تفکیک‌پذیری گونه‌ها را کاهش می‌دهد و در صورتی که تفاوت محسوس فنولوژیک بین گونه‌ها وجود داشته باشد تهیه نقشه جنگل و تفکیک گونه‌ها مطلوب‌تر خواهد بود. (Rikimarus & Cangalton et al., 1993) و (Mittaki, 1997) در طبقه‌بندی تپه‌های جنگلی در روش هم‌زمان بکارگیری عکس‌های هوایی و داده‌های زمینی به حداکثر صحت کلی ۹۱٪ دست یافتند که البته در این راه



شکل ۱- تصویر تصحیح شده منطقه مورد مطالعه

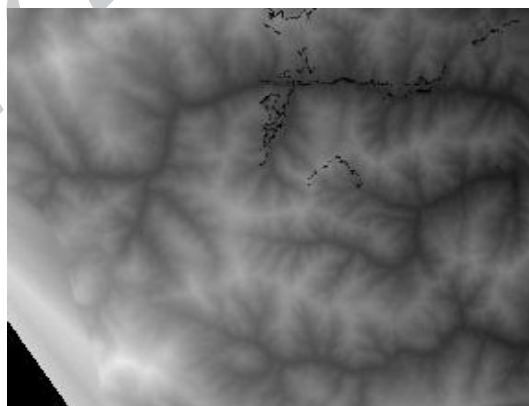
سال مورد استفاده قرار گرفتند. از نقشه‌های سبز (نقشه طبقه‌بندی انبوهی تاج پوشش) سالهای ۷۳ و ۸۳ تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری نیز به‌عنوان راهنما استفاده شد. مدل رقومی ارتفاع منطقه (DEM) در یک فایل ۱۶ بیتی تهیه شد و بعد وارد فرایند تصحیح هندسی گردید.

داده‌های تحقیق

طبق جدول ۱ داده‌های مورد استفاده از تصاویر ماهواره Landsat ETM+ می‌باشد. تعداد ۴ قطعه عکس هوایی سال ۸۱ با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ اسکن شده دیاپوزیتو برای تهیه فتوموزائیک به‌منظور تهیه نقشه واقعیت زمینی و نقشه‌های رقومی توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ همان

جدول مشخصات تصاویر مورد استفاده

تعداد باند	فرمت	تاریخ	ردیف	گذر	سنجنده	ماهواره
۷ باند	TIFF	۲۹ آپریل ۲۰۰۲	۳۴	۱۶۶	ETM+	Landsat

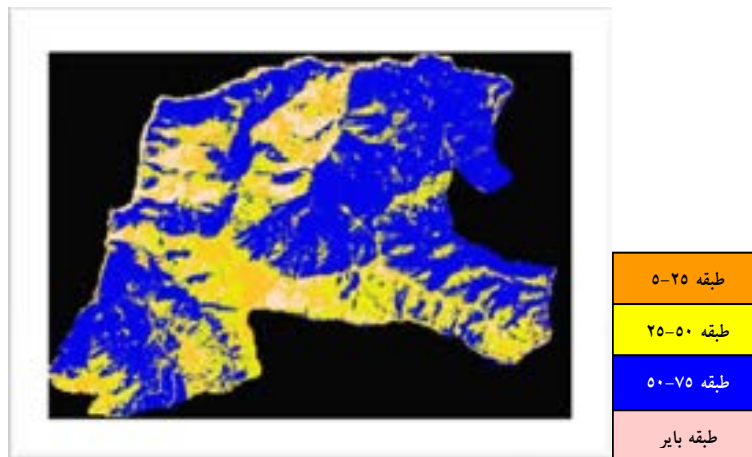


شکل ۲- نقشه DEM منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

پس از بررسی کیفیت داده‌ها، تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای با ۶۵ نقطه کنترل زمینی بر روی تصاویر ماهواره ETM+ انجام شد. میزان خطای ریشه میانگین مربعات ۰/۶۴ پیکسل در راستای محور Xها و ۰/۶۵ پیکسل در راستای محور Yها بدست آمد. ترکیب باندی، از میان مجموعه باندهای اصلی و مصنوعی به‌کمک مشخصه‌های آماری و معیارهای فاصله باتاچاریا و واگرایی تبدیل شده، انتخاب شد. برای تهیه نقشه واقعیت زمینی به‌صورت صددرصد از عکسهای هوایی ارتوفتوموزاییک شده که فاقد خطای شعاعی و هندسی می‌باشند، استفاده شد. ارتوفتوموزاییک‌ها برای نمایش دقیق عوارض بسیار کارا و دقیق بوده و می‌توانند به‌عنوان نقشه‌های مبنا در مطالعات منابع و طبقه‌بندی به‌شمار آیند. انتخاب نقاط کنترل زمینی مناسب برای تطابق هندسی و توجیه دقیق عکس‌ها و در نهایت در تشکیل موزاییک تأثیر فوق‌العاده مهمی دارد. الگوریتمی که در نرم‌افزار PCI برای تهیه ارتوفتوموزاییک استفاده می‌شود، به واسطه این که پارامترهایی نظیر تنظیمات دوربین عکس‌برداری، مشخصه‌های پرواز، سیستم‌های پرژکسیون و مبنا و نقاط کنترل زمینی در آن دخالت دارند، بسیار قوی و دقیق می‌باشد. ارتوفتوموزاییک‌ها که به‌عنوان یکی از اطلاعات واقعیت زمینی در طبقه‌بندی‌ها مورد استفاده واقع شد،

جزئیات زمین را به‌طور واقعی و نه به‌وسیله خطوط و رنگ که در نقشه‌های خطی معمول است نشان می‌دهد (شکل ۳). بر این اساس یک شبکه میلی‌متری به ابعاد ۱۰×۱۰ میلی‌متر بر روی طلق شفاف ترسیم شد. چون هر اسانتی‌متر مربع روی این عکس‌ها معادل ۱ هکتار روی زمین است، هر میلی‌متر مربع نشان‌دهنده یک‌صدم سطح بر روی زمین خواهد بود؛ پس در محل این شبکه میلی‌متری، هر میلی‌متر مربع پوشیده شده از جنگل معادل یک درصد تراکم منظور می‌گردد. بنابراین، از این شبکه به‌عنوان معیار کمی اندازه‌گیری طبقه‌های انبوهی استفاده شد و از هر یک از طبقه‌های انبوهی چندین پلی‌گون به‌طوری که گویای اندازه‌های مختلف آن طبقه باشد شناسایی و مشخص گردید. با بزرگ‌نمایی مناسب ارتوفتوموزاییک در نرم‌افزار، امکان اندازه‌گیری تراکم (درصد تاج‌پوشش) درختان در تراکم پایین (۲۵-۵ درصد) و امکان شمارش تک‌درختان به‌خوبی فراهم شد. علاوه بر این، از نقشه‌های تراکم تاج‌پوشش سال ۷۳ و ۸۳ سازمان جنگلها و نقشه تاج‌پوشش کتابچه طرح سریهای مذکور نیز به‌عنوان راهنما استفاده گردید. سپس نقشه واقعیت زمینی تهیه شده با کدهای مختلف به محیط نرم‌افزار وارد و ماسک گردید. در نهایت نقشه واقعیت زمینی در یک کانال با دستور MAP ذخیره و در ارزیابی صحت و دقت طبقه‌بندیها استفاده شد.



شکل ۳- نقشه واقعیت زمینی منطقه

نمودن تصویر، تهیه شاخص گیاهی و شاخص گیاهی پیشرفته، تهیه شاخص خاک بایر، تهیه شاخص حرارتی، تهیه شاخص سایه و شاخص سایه پیشرفته و تهیه نقشه می‌باشد. در این بررسی، هر یک از مراحل هفت‌گانه در نرم‌افزار ENVI مدل‌سازی شدند، به‌گونه‌ای که اجرای مدل FCD برای کسانی که با ماهیت مدل و چگونگی اجرای آن آشنایی نداشته باشند در مناطق دیگر، تنها با تغییر ورودی‌ها و مقادیر آستانه امکان‌پذیر خواهد بود.

طبقه‌بندی با استفاده از مدل FCD
روش FCD روش مدل‌مبنایی است که با استفاده از واکنش طیفی عوارض سطح زمین، تراکم جنگل را محاسبه می‌کند. در مدل FCD نیاز به باند حرارتی و شاخص حرارتی است، از این نظر در اجرای آن از داده‌های ETM+ لندست ۷ استفاده گردید. اجرای مدل تعیین انبوهی تاج‌پوشش جنگلی با استفاده از طبقه‌بندی FCD، دارای ۷ مرحله است. این ۷ مرحله شامل نرمالیزه



شکل ۴- نمودار گردش روند پیاده‌سازی مدل FCD (Taefi, 2006)

انجام شد و ابتدا میانگین و انحراف معیار باندها استخراج و سپس با تبدلات خطی بالا و جایگزینی در فرمول مربوطه تمام باندها بجز باند حرارتی نرمال شد. باندها پس از نرمالیزه شدن در یک محدوده معین قرار می‌گیرند تا استاندارد معینی داشته باشند.

اندکس گیاهی پیشرفته (Advanced Vegetation Index): AVI

شاخص گیاهی NDVI به دلیل ناتوانی در حذف اثرات بازتاب پس‌زمینه خاک، در تعیین میزان تراکم پوشش گیاهی از دقت کافی برخوردار نیست (Latifi, 2005). به همین دلیل در مدل FCD از شاخص دیگری به نام شاخص AVI استفاده می‌شود که نسبت به تراکم پوشش

قبل از هر چیز اطمینان یافتن از کیفیت و صحت هندسی و رادیومتریک تصاویر ضروری می‌باشد؛ سپس تمامی باندها بجز باند حرارتی با استفاده از روابط خطی زیر نرمالیزه می‌شوند.

$$X_1 = M - 2S, X_2 = M + 2S$$

$$Y_1 = 20, Y_2 = 220$$

$$A = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} = \frac{20 - 220}{(M - 2S) - (M + 2S)} = \frac{50}{S}$$

$$B = -AX_1 + Y_1$$

$$Y = AX + B$$

در این رابطه مقدار Y_1 مقدار عددی DN_{min} و مقدار Y_2 مقدار عددی DN_{min} می‌باشد. M : مقدار میانگین، S : انحراف معیار داده‌ها، Y : مقادیر عددی نرمال و X : مقادیر عددی تصویر اولیه در هر باند می‌باشد. در مورد تصویر منطقه مورد مطالعه نیز این محاسبات برای تمام باندها

$$SIL = \sqrt[3]{(256-b/1)(256-b/2)(256-b/3)}$$

شاخص حرارتی (Thermal Index: TI)

برای تهیه نقشه FCD منطقه مورد مطالعه تهیه شاخص حرارتی TI لازم است. در این مرحله شاخص حرارتی بدست می آید. این شاخص با استفاده از داده‌های حرارتی سنجنده ETM+ در باند ۶ حاصل می‌گردد و خروجی آن در واقع دمای هر پیکسل بر روی زمین برحسب درجه کلوین است.

$$L = L_{\min} + \left[\frac{(L_{\max} - L_{\min})}{255} \times Q \right]$$

$$T = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{L} + 1 \right)}$$

$$k_1 = 666.09 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2 \cdot \text{ster} \cdot \text{cm}}$$

$$K_2 = 1282.71 \text{ (Kelvin)}$$

$$L_{\min} = 0.1238 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2 \cdot \text{ster} \cdot \text{cm}}$$

$$L_{\max} = 1.500 \frac{\text{watts}}{\text{m}^2 \cdot \text{ster} \cdot \text{cm}}$$

در این روابط Q : مقدار عددی پیکسل در باند ۶، T : درجه حرارت زمینی برحسب کلوین، K_1 و K_2 : ثابت‌های مربوط به تنظیم سیستم سنجنده و L : مقدار رادیانس برگشتی در باند مادون قرمز حرارتی می‌باشد. پس از استخراج شاخص سایه و شاخص حرارتی از روابط مربوطه، از تلفیق این دو شاخص و اعمال آستانه مناسب مناطق فاقد پوشش گیاهی استخراج شد.

شاخص سایه پیشرفته (Advanced Shadow Index: ASI)

برای اینکه خطای ناشی از مناطق فاقد پوشش گیاهی و در نظر گرفتن سایه ناشی از عوارضی نظیر کوه‌ها به‌عنوان سایه تاج‌پوشش درختان جنگلی کاهش یابد و به

گیاهی حساس‌تر بوده و مطابق روابط زیر تعریف می‌گردد.

$$b_4 - b_3 < 0 \Rightarrow AVI = 0$$

$$b_4 - b_3 > 0 \Rightarrow AVI = \frac{[(b_4 + 1)(256 - b_3)(b_4 - b_3)]^{\frac{1}{3}}}{1}$$

اندکس خاک لخت (Bare Soil Index: BSI)

از این شاخص برای مشخص نمودن نواحی فاقد پوشش گیاهی استفاده می‌شود. اساس آن بر تأثیر متقابل خاک بدون پوشش و پوشش‌دار استوار است. این شاخص از اطلاعات باند مادون قرمز میانی به‌منظور جداسازی پوشش گیاهی از دیگر پوشش‌ها استفاده می‌کند. رابطه ریاضی این شاخص عبارت است از:

$$BI = \frac{(b_5 - b_3) - (b_4 - b_1)}{(b_5 + b_3) + (b_4 + b_1)} \times 100 + 100$$

اندکس سایه گیاهان (Shadow Index: SI)

در جنگلهای جوان و تقریباً سطح شاخص سایه مقدار کمتری را در مقایسه با جنگلهای رشد یافته و قدیمی از خود نشان می‌دهد. با توجه به نقشی که شاخص سایه در مدل FCD ایفا می‌کند، می‌توان گفت که این شاخص مهم‌ترین و تأثیرگذارترین شاخص در تعیین میزان انبوهی تاج‌پوشش جنگل است. از این شاخص در تعیین منابع درختی خارج از جنگل نیز استفاده شده است (Taefi, 2006). رابطه ریاضی شاخص سایه چنین است:

$$SI = \sqrt[3]{(256-b_1)(256-b_2)(256-b_3)}$$

برای نمایش بهتر این اندکس معمولاً آن را در قالب یک رابطه لگاریتمی به‌شکل زیر ارائه می‌دهند:

$$b/1 = 100 \times \log(b_1 - b_{1\min} + 1)$$

$$b/2 = 100 \times \log(b_2 - b_{2\min} + 1)$$

$$b/3 = 100 \times \log(b_3 - b_{3\min} + 1)$$

و با استفاده از آن می‌توان افق جدیدی را بر مطالعات گیاهی گشود.

تراکم گیاهی (Vegetation Density: VD)

از آنجایی که اساساً شاخصهای VI و BI همبستگی منفی بسیار بالایی دارند، با ترکیب آنها و استفاده از مؤلفه اول روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص تراکم گیاهی بدست می‌آید. برای تهیه این شاخص ابتدا این دو شاخص با هم ترکیب شدند و سپس مؤلفه اول این ترکیب به‌عنوان تراکم گیاهی استفاده شد. همانند شاخص سایه مقیاس داده شده، مقادیر این شاخص را نیز از ۰ تا ۱۰۰ مرتب کردیم.

تهیه نقشه انبوهی تاج پوشش گیاهی FCD

با استفاده از شاخص‌های سایه و تصویر تراکم گیاهی که مقادیر هر دو آنها از ۰ تا ۱۰۰ مرتب شده است، نقشه FCD منطقه برحسب درصد بدست می‌آید. مدل FCD از رابطه زیر محاسبه می‌شود که از این رابطه در نرم‌افزار چایگزینی تراکم گیاهی و شاخص سایه، مدل انبوهی تاج‌پوشش جنگل تهیه می‌شود.

$$FCD = \sqrt{VD \cdot SSI + 1} - 1$$

نتایج

با استفاده از روابط ارائه شده، شاخص گیاهی پیشرفته از منطقه مورد نظر تهیه شد. شکل ۶ تصویر حاصل را نشان می‌دهد.

بیان دیگر به‌منظور کمینه کردن خطای شمول شاخص سایه (SI)، با انجام برخی پردازش‌ها و روشهای آستانه‌گذاری شاخص سایه پیشرفته را بدست می‌آوریم. تهیه این شاخص شامل سه گام زیر است:

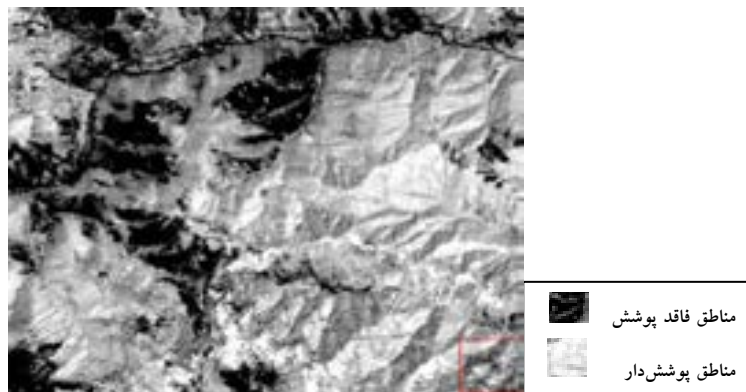
الف) پردازش مکانی

ب) آشکار نمودن فضای خالی جنگل: با استفاده از شاخص VI و تعیین حد آستانه مناسب (برای مناطق جنگلی $SI = ASI$ و برای مناطق غیرجنگلی $SI = 0$ در نظر گرفته می‌شود)

ج) آشکارسازی مناطق خاک بایر: با استفاده از شاخص TI و انتخاب آستانه مناسب (چنانچه مقدار یک پیکسل بزرگتر از حد آستانه باشد $SI = 0$ و چنانچه مقدار پیکسل کوچکتر از حد آستانه باشد $SI = ASI$ خواهد بود)

شاخص سایه هم‌مقیاس شده (Scaled Shadow Index: SSI)

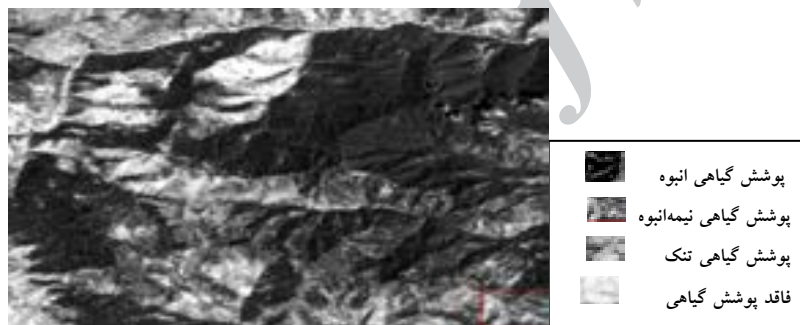
شاخص سایه تغییر مقیاس داده شده تبدیل خطی شاخص سایه پیشرفته ASI است که مقادیر آن را از صفر تا ۱۰۰ مرتب می‌کند. هدف از انجام این مرحله و تهیه SSI هم‌مقیاس کردن مشخصه‌های ترکیبی به‌منظور محاسبه مقدار نهایی انبوهی تاج‌پوشش گیاهی (FCD) می‌باشد. $SSI = 100$ بیانگر وجود حداکثری در میزان تاج‌پوشش بوده و در مقابل $SSI = 0$ بیانگر کمترین میزان تاج‌پوشش جنگلی در منطقه مورد مطالعه است. با توسعه شاخص SSI به‌راحتی می‌توان تفاوت بین گیاهان تاج‌پوشش‌دار را با گیاهان موجود روی زمین دریافت. این قابلیت یکی از بهترین ویژگیهای مدل FCD تلقی می‌شود



شکل ۶- نتایج تصویر شاخص گیاهی پیشرفته

شاخص زمین بایر (BI) منطقه در شکل ۷ نشان داده شده است.

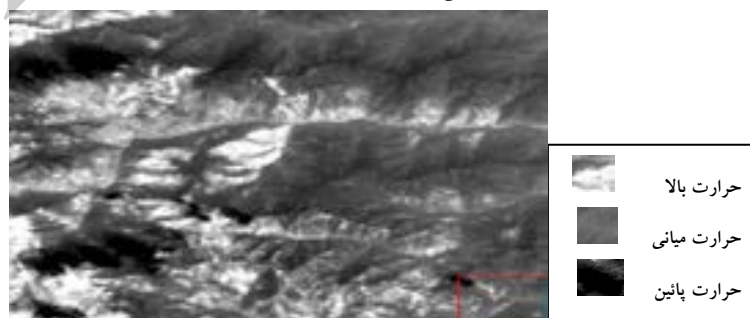
با استفاده از روابط، شاخص زمین بایر که نشان دهنده مناطق فاقد پوشش گیاهی است، تهیه گردید. نتایج تصویر



شکل ۷- تصویر شاخص زمین بایر (BI) منطقه

نشان دهنده تصویر حاصل از آنالیز شاخص حرارتی TI منطقه و هیستوگرام مربوطه است.

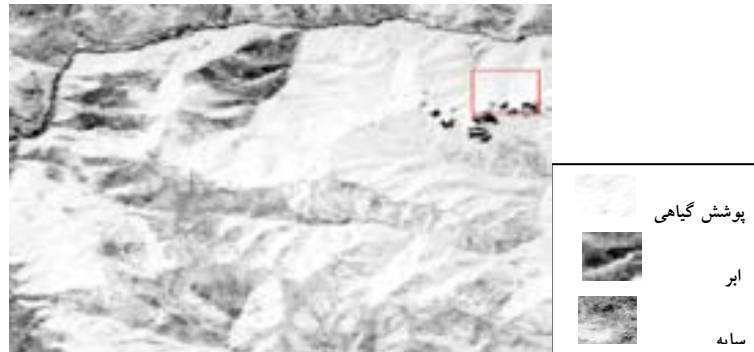
با توجه به اینکه فرمت نمایش هر تصویر هشت بیتی بدون علامت می باشد، مقادیر بدست آمده برای این شاخص در محدوده عددی ۱-۲۵۶ ارائه شده اند. شکل ۸



شکل ۸- تصویر شاخص حرارتی (TI) منطقه

FCD است که استفاده از پارامترهای محض آماری نظیر میانگین، میانه و مد به عنوان مقادیر آستانه توصیه نمی‌شود. نتیجه این بخش از آنالیز در شکل ۹ نشان داده شده است.

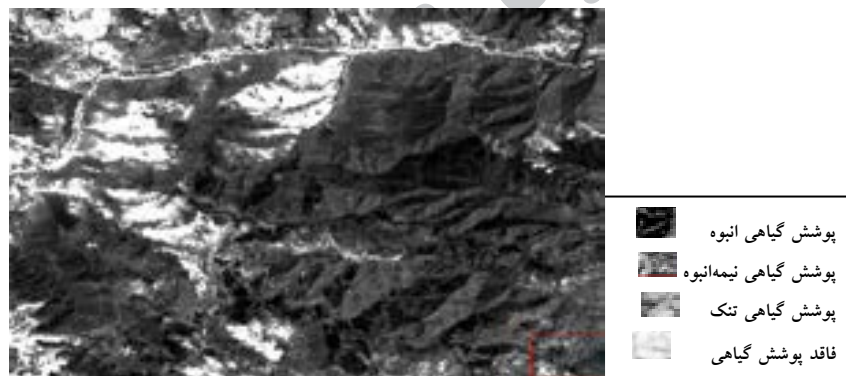
بعد از تهیه تصویر شاخص حرارتی، نسبت به تهیه تصویر شاخص سایه و سایه پیشرفته اقدام شد. محاسبه شاخص سایه پیشرفته تنها مرحله‌ای در روند اجرای مدل



شکل ۹- تصویر شاخص سایه (SI) منطقه

غیره می‌باشد. تصویر حاصل از این آنالیز به صورت شکل ۱۰ بدست آمد.

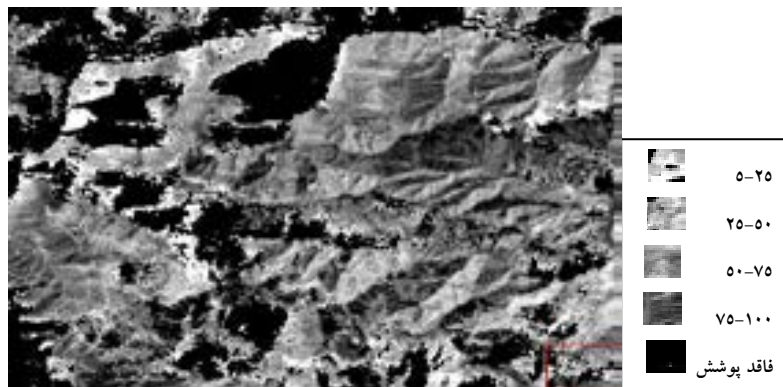
نقشه تراکم گیاهی (Vegetation Density) شامل کلیه پوشش‌های گیاهی در سطح حوضه اعم از جنگل، مرتع و



شکل ۱۰- نقشه تراکم پوشش گیاهی

FCD منطقه و با استفاده از رابطه ارائه شده حاصل شد (شکل ۱۱).

تهیه نقشه انبوهی تاج پوشش گیاهی FCD با استفاده از شاخص‌های سایه و تصویر تراکم گیاهی که مقادیر هر یک آنها از ۰ تا ۱۰۰ مرتب شده بود، نقشه



شکل ۱۱- نقشه انبوهی تاج پوشش (درصد) منطقه

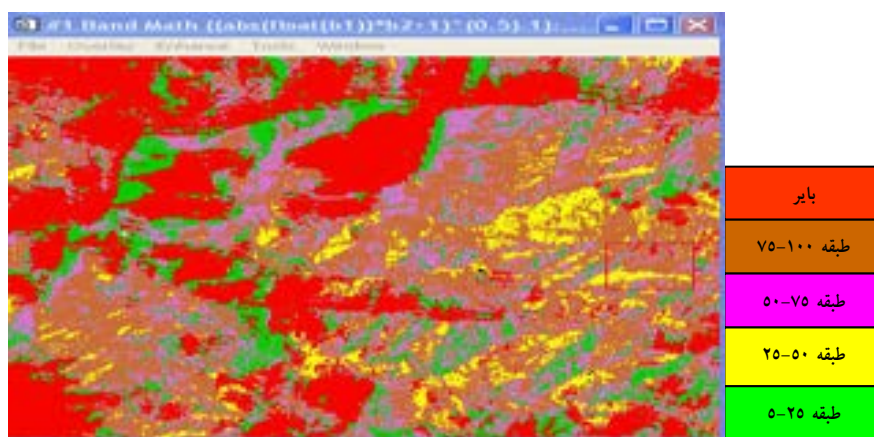
پس از بدست آوردن نقشه FCD نتایج حاصل با نقشه مرجع منطقه که در آن طبقه انبوهی کلیه طبقه‌ها مشخص شده است مقایسه شده و حاصل این مقایسه ماتریس خطایی به شرح جدول ۳ بود.

جدول ۳- نتایج طبقه‌بندی نهایی مدل FCD

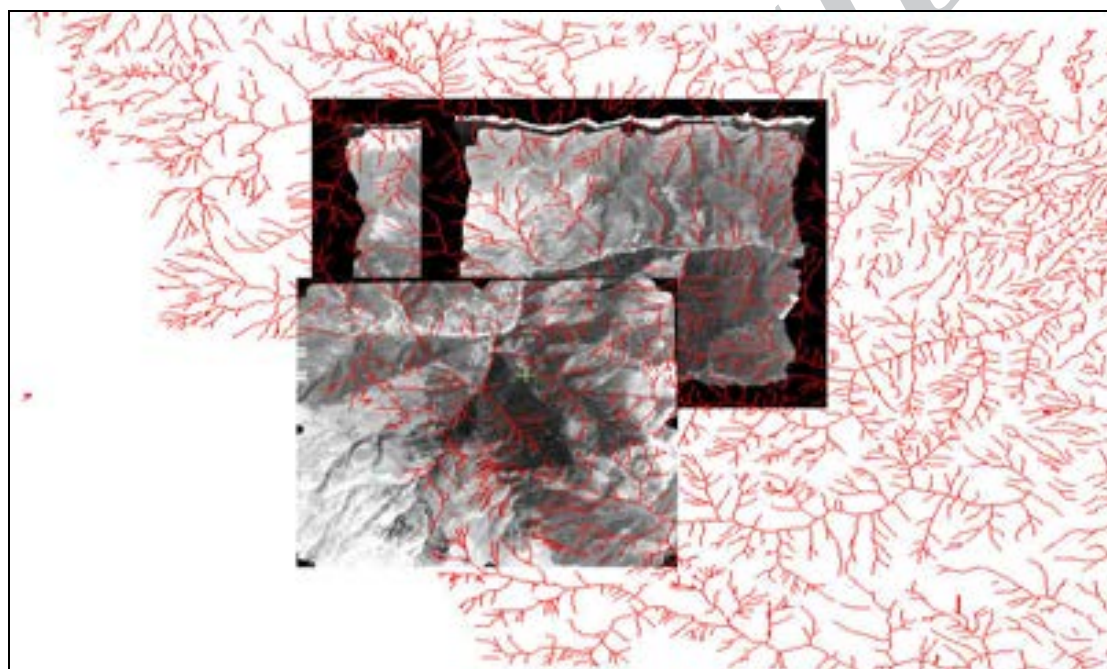
طبقه (درصد)	صحت تولید کننده (درصد)	صحت کاربر (درصد)	صحت تولید کننده (پیکسل)	صحت کاربر (پیکسل)
بایر	۱۰۰	۹۸/۵۲	۲۱۹۷/۲۱۹۷	۲۱۹۷/۲۲۳۰
۵-۲۵	۳۹/۳۰	۶۷/۱۱	۲۰۲/۵۱۴	۲۰۲/۳۰۱
۲۵-۵۰	۵۷/۷۲	۶۶/۰۶	۱۱۳۳/۱۹۶۳	۱۱۱۳/۱۷۱۵
۵۰-۷۵	۷۹/۳۹	۵۴/۵۷	۱۷۳۳/۲۱۸۳	۱۷۳۳/۳۱۷۶
۷۵-۱۰۰	۷۷/۴۰	۸۸/۹۰	۳۳۸۰/۴۳۶۷	۳۳۸۰/۳۸۰۲
Overall Accuracy = 71.225%		Kappa Coefficient = 0.61		

طبقه انبوهی تاج پوشش جنگل در جنگلهای کوهستانی حوضه شفارود به صورت شکل ۱۲ حاصل شد.

همان طور که از ماتریس فوق مشهود است، در این مرحله دقت کلی ۷۱/۲۲۵ درصد و ضریب کاپا ۰/۶۱ بدست آمد. نقشه طبقه‌بندی شده به روش مدل FCD در ۴



شکل ۱۲- نقشه طبقه‌بندی شده به روش مدل FCD در ۴ طبقه انبوهی



شکل ۱۳- ارتوفتوموزاییک تصحیح شده منطقه

بحث

صحت نتایج طبقه‌بندی نقش تعیین کننده‌ای دارد. در این میان مدل FCD با توجه به اینکه به داده‌های تعلیمی نیاز نداشته و تنها برای ارزیابی دقت نتایج به آنها نیاز دارد از مزیت ویژه‌ای برخوردار است که آن را از دیگر روشها متمایز می‌سازد. با توجه به شرایط دشوار دسترسی و کار در عرصه‌های جنگلی، استفاده از الگوریتم‌هایی که با

برای استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در طبقه‌بندی جنگلها از جنبه‌های مختلف شامل متمایز ساختن آنها از سایر کاربریها، تفکیک گونه‌ها و تیز ارایه طبقات انبوهی تاج‌پوشش از روشهای مختلفی استفاده شده است. اساس بیشتر این روشها بر استفاده از داده‌های تعلیمی استوار است. به‌گونه‌ای که ماهیت کمی و کیفی این داده‌ها در

باندی انتخابی با دستور IPVI, PCA 123, NDVI از تمامی ترکیبات سه باندی انتخابی توسط کاربر نتایج بهتری از تفکیک پذیری را بدست داد. بنابراین همانطور که (Saa-roey, 2000) در نتایج خود ذکر کرده است، می توان پیش از طبقه بندی اولیه نیز اقدام به انتخاب بهترین ترکیب باندی نمود. از سوی دیگر کار با ترکیبات ۳ و ۴ باندی نشان داد که این ترکیبات قادر به ایجاد حداکثر تفکیک پذیری ممکن بین نمونه های تعلیمی در این عرصه نبوده و حداکثر میزان تفکیک پذیری با معیار فاصله باتاچاریا زمانی حاصل شد که تمامی باندها شامل باندهای شش گانه اصلی، شاخص NDVI, NIR, IPVI و مؤلفه های اصلی وارد طبقه بندی شدند. بنابراین از تمامی این ترکیبات در یک مرحله استفاده شد.

قابلیت ارتوفتوموزاییکها در مواردی نظیر ارائه دید کلی از منطقه، اندازه گیریهای افقی، کمک به دید پرسپکتیو زوج عکسها، تیپ بندی و استراتیفیکاسیون جنگل، فراهم نمودن فهم آسان و واضح از ساختارهای ژئومورفولوژیک و مطالعات ژئوگرافی منطقه ای، اهمیت استفاده روزافزون از آنها را نمایان می سازد (Franklin et al., 2003, Joffer & Lacaze, 1993). نواحی مرکزی عکس های هوایی که حداقل جابجایی شعاعی دارند، می توانند به عنوان قطعات نمونه برای تهیه نقشه واقعیت زمینی نمونه ای با صحت هندسی قابل قبولی استفاده شوند. (Zobeiry, 1999). استفاده از ارتوفتوموزاییکها به دلیل عدم هرگونه جابجایی و همچنین دارا بودن تصحیحات هندسی مناسب برای افزایش دقت طبقه بندی در تجزیه و تحلیل بافت مفید واقع شد. (Cangalton et al., 1993). در طبقه بندی تپه های جنگلی در روش همزمان بکارگیری عکس های هوایی و داده های زمینی به حداکثر صحت کلی ۹۱٪ دست یافتند که البته در این راه از مجموعه گسترده ای از داده های کمکی و لایه های موجود در GIS استفاده کردند.

داده های تعلیمی اندک نتایج قابل قبولی را ارائه دهند، بسیار مورد توجه خواهد بود.

تنها برای تعیین مقادیر آستانه است که نیاز به دانش و تجربه مفسر در این مدل احساس می شود که این خود یکی از مهم ترین و تأثیرگذارترین مراحل در روند پیاده سازی و اجرای مدل می باشد. مهم ترین مشکل در طبقه بندی انبوهی تاج پوشش تداخل طیفی خاک زمینه و پوشش جنگلی است. این مشکل به ویژه در طبقه های تنک و نیمه انبوه که بازتاب خاک زمینه زیاد است نمود بیشتری دارد. هرچند که هر یک از شاخصهای چهارگانه نقش تعیین کننده ای در میزان انبوهی تاج پوشش دارند، ولی شاخص سایه که در قالب شاخص سایه تغییر مقیاس شده (SSI) مستقلاً در رابطه نهایی استفاده می شود، نقش تعیین کننده تری از سه شاخص دیگر داشته و وزن بیشتری در دقت نتایج حاصل داراست. این قابلیت یکی از بهترین ویژگیهای مدل FCD تلقی می شود و با استفاده از آن می توان افق جدیدی را در مطالعات گیاهی گشود؛ زیرا اساساً در نظر گرفتن و متمایز ساختن پوشش سطحی گیاهان از گیاهانی که دارای تاج پوشش می باشند، وارد ساختن بُعد سوم توده های گیاهی در نتایج است. در این مطالعه، با توجه به تعدد باندهای ورودی و نیز تنوع بالای نمونه های تعلیمی، فرایند انتخاب ترکیب باندی مناسب برای آشکارسازی پدیده ها و افزایش توان تفکیک پذیری آنها لازم به نظر رسید. از طرفی شیوه های مبتنی بر طبقه بندی اولیه نمونه های تعلیمی و انتخاب ترکیب باندی از روی بررسی هیستوگرام باندها و یا تفکیک پذیری آنها از سوی تعدادی از محققین بکار گرفته شده است.

در این تحقیق ضمن بهره گیری از این روش یعنی بررسی هیستوگرام باندها در هر نمونه تعلیمی و انتخاب باندهایی با حداقل هم پوشانی طیفی، پیش از طبقه بندی اقدام به آزمون انتخاب باندهای مناسب از طریق معیار باتاچاریا شد و مشاهده گردید که بهترین ترکیب سه

تفکیک طبقات با تراکم پائین‌تر دقیق عمل نمی‌کند. آنها بیشترین میزان صحت کلی و ضریب کاپا مربوط به ۵ طبقه تراکم تاج‌پوشش جنگل را به ترتیب معادل ۰/۶۱ و ۰/۳۸ محاسبه نمودند، در حالی که میزان صحت کاربر و صحت تولید کننده در طبقه‌بندی طبقه جنگل بسیار انبوه (تاج‌پوشش بیش از ۰/۷۵٪) را به ترتیب برابر با ۹۰ و ۰/۷۵ بدست آوردند.

در این تحقیق طبقه‌بندی با ۴ طبقه انبوهی تاج‌پوشش و یک طبقه بایر، بالاترین میزان صحت کلی در مدل FCD به دقت ۰/۷۱٪ و شاخص کاپا ۰/۶۱ را بدست داد. استفاده از فیلتر پایین‌گذر در اندازه‌های ۳×۳ و ۵×۵ به منظور حذف پیکسل‌های منفرد بعد از طبقه‌بندی تصاویر، به افزایش صحت‌های مربوط به طبقه‌ها (تولید کننده و کاربر) در همه ترکیبات منجر شده و با افزایش متوسط ۵ درصدی به صحت کلی و ضریب کاپا، نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی نرم‌تر شدند. این نتیجه با تحقیقات Bonyad (2005) نیز هماهنگی دارد.

منابع مورد استفاده

References

- Alvarez, R., Bonifaz, R. m, Lunetta, R. S. & Cabrera, A.L., 2003. Multitemporal land cover classification of Mexico using Landsat MSS imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(12):2501-2514
- Ashoory, H. 2006. Application of different method in nerves channel net using remote sensing. Faculty of survey engineering, Nasir al-din Tusi university, 110p.
- Bonyad, A. 2005. Multitemporal satellite image database classification for land cover inventory and mapping. *Journal of Applied Sciences*, 5(5): 835-837.
- Bonyad, A., 1995. A new multivariate methodology for forest classification and mapping using satellite remote sensing data. Ph.D. thesis, University Collage Dublin, Ireland, 184 pp.
- Caren, C.D., David, J.M. and Volker, C.R., 2001. Phenological difference in Tasseled Cap indices improves deciduous forest classification. *Journal of remote sensing of environmental*, 80: 460-472.
- Cangalton, R.G., Green, K. and Tepley, J., 1993. Mapping Old Growth Forests on National Park Lands in The Pacific Northwest from Remotely

شاید دلیل اصلی ضعف مدل FCD در ارایه طبقات جنگلی تنک و نیمه‌انبوه را بتوان با توجه به ابعاد معمول تاج‌پوشش درختان توضیح داد. ابعاد تاج‌پوشش یک درخت در بسیاری از موارد کمتر از حدی است که بتواند یک پیکسل ETM+ با ابعاد ۳۰×۳۰ را تحت تأثیر قرار دهد، این امر برای باندهای ادغام شده با ابعاد ۱۵ متر نیز صادق است. اگر نزدیکی و مجاورت درختان به اندازه‌ای باشد که یک پیکسل را تحت تأثیر قرار دهد، آنگاه دیگر با طبقه انبوهی انبوه و بسیار انبوه مواجه خواهیم بود که در مدل FCD به خوبی نمایان می‌شود. (Taefi, 2006). نتایج حاصل از مدل FCD نشان می‌دهد که این مدل نیز در تشخیص و متمایز نمودن تداخل طیفی خاک زمینه و پوشش جنگلی به‌ویژه در طبقه‌های تنک و نیمه‌انبوه ناتوان است، اما در آشکارسازی مناطق غیرجنگلی و جنگلهای بسیار تنک و نیز جنگلهای بسیار انبوه دارای مقادیر دقت مطلوب و بالایی است (Moeinazad Tehrani *et al.*, 2007; Taefi, 2006). پیاده‌سازی مدل در مناطق صرفاً جنگلی منجر به افزایش ضریب کاپا و دقت کلی خواهد شد، زیرا در چنین مناطقی طبقه‌های انبوهی تنک و نیمه‌انبوه بسیار کمتر بوده و ضعف مدل در ارایه این طبقه‌ها مشهود نخواهد بود. ضریب کاپایی که در این مطالعه برای روش نگارگر چگالی پوششی جنگل ارایه شد ۰/۶۲٪ و بسیار کمتر از ۰/۹۲٪ بود که به‌وسیله Goetz *et al.* (2001) گزارش شده است. این امر ممکن است به دلیل تغییرات محلی بالای سطح پوششی در مطالعه ما بوده باشد. نتایج بهتری که آنها در مطالعه‌شان بدست آورده‌اند ممکن است ناشی از برداشت‌های منطقه‌ای بیشتر باشد که سبب می‌شود برخی خطاها نقش کمتری ایفا نمایند.

(Moeinazad Tehrani *et al.*, 2007) کارایی این مدل را در تفکیک جنگل بسیار انبوه نسبتاً مناسب ارزیابی نموده‌اند، در حالی که اینطور بیان می‌کنند که مدل در

- Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 13(3): 313-342.
- Moenazad Tehrani, S.M., Darvish-safat., A.A., and Namiraniyan, M., 2007. Evaluation of FCD model for estimation of forest density using Landsat7 imagery (Case study: Chalus Forest). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(1): 124-138.
- Saa-roey, 1999. Investigation on satellite ETM+ data capability for forest canopy classification in the Zugruoz forest area using Landsat ETM+ data. MSc thesis, faculty of natural resources, Tehran university. 95pp.
- Taefi, M. 2006. Evaluation and optimization of FCD model in order to estimate forest canopy density using Merger data method and image index. Faculty of survey engineering, Nasir al-din Tusi University, 95 p.
- Zobeiry, M., 1995. Forest Inventory (measurement of tree and stand). Tehran University press, Tehran, 401 p.
- Sensed Data. Photogrametric Engineering and Remote Sensing, 59(4): 529-535 p.
- Franklin, S.E., Titus, B.D. and Gillespie, R.T., 2003. Remote sensing of vegetation cover at forest regeneration sites. Journal of Global Ecology and Biogeography letters, 26: 261-270.
- Goetz, A.F.H., Rock, B.N. and Rowan, L.C., 2001. Remote Sensing for Exploration: an overview. Economic Geology, 78: 573-589.
- Joffer, R. and Lacaze, B., 1993. Estimating tree density in oak savanna- like "DEHESA" of southern Spain from SPOT data. International Journal of Remote Sensing, 14: 685 -697.
- Latifi, H., 2005. Investigation on satellite ETM+data capability for separation between forest and pasture. MSc thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran university, 87 p.
- Mirakhorlou, KH. and Amani, M., 2004. Estimating forest canopy cover using Landsat7 ETM+ data.

Archive of SID

Classification and delineating natural forest canopy density using FCD model (Case study: Shafarud area of Guilan)

E. Pakkhesal^{1*} and A.E. Bonyad²

^{1*} - Corresponding author, M.Sc., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, SomeSara, I.R. Iran. E-mail: a_morady1350@yahoo.com

² - Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, SomeSara, I.R. Iran.

Received: 31.10.2011

Accepted: 09.10.2012

Abstract

Mapping of natural forests in mountainous areas is difficult and expensive. For this propose, satellite remote sensing data is an appropriate solution. In this study, satellite remote sensing ETM+ data was used to develop map of forest canopy cover density, applying FCD model at Shafarud basin of Guilan province of Iran. Forest canopy cover density map was developed, using different density classes, including: 5-25, 25-50, 50-75, 75-100 and control (without forest cover). In the method of forest canopy cover mapping, using FCD model, four indices, including plant vegetation, soil, shadow and temperature were applied on Landsat ETM+ image data, considering an appropriate threshold. Then advanced shadow index and shadow index were uniscaled and calculated. Plant density index and plant canopy cover density map were developed and achieved by percentage, based on FCD model. The accuracy of forest density classification map was estimated, using a map based on 100% Orto-photo-mosaic of aerial figures, drawing a 10 x 10 mm. network and appropriate enlargement of the photos. The developed figure was classified, using method of maximum probability. The overall accuracy and Kappa index were 71 % and 0.61, respectively. The results showed that the developed map, using FCD model and Landsat ETM+ dta, was close to natural land data and facts. Considering the erroe's matris at seven processes of FCD calculation, showed that the model was insufficient for moderate located, thinned and semi-dense canopy covers, whereas it was sufficient and well detected by the model at high located, very thinned canopy covers (<5%) or stands without canopy cover.

Keywords: Landsat ETM+ data, plant vegetation, soil, shadow, temperature, remote sensing