دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

برآورد تراکم تاج پوشش جنگل با استفاده از مدل FCD

وحید میرزایی زاده[۱]، مریم نیک نژاد[۲] و سید محمد حجتی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه ایلام
۲- دانشجوی دکترا، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: maryam612niknejad@yahoo.com)
۳- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۹

چکیده

به‌منظور تهیه نقشه تراکم تاج پوشش در جنگل‌های بیوره استان ایلام از داده‌های ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به تاریخ ۳۱ تیرماه ۱۳۹۳ و مدل FCD استفاده شد. در روش FCD از چهار شاخص پوشش گیاهی، خاک، سایه و شاخص حرارتی با اعمال حد آستانه مناسب استفاده شد و سپس شاخص سایه پیشرفته و شاخص سایه هم قیاس شده، محاسبه گردید و درنهایت شاخص تراکم پوشش گیاهی و نقشه تراکم تاج پوشش جنگل بر مبنای مدل FCD برحسب درصد بدست آمد. نقشه تراکم جنگل بدست آمده، بر اساس طبقات ارائه‌شده از سوی شورای عالی جنگل، مرتع و خاک سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور (۷ طبقه) و نیز یک طبقه‌بندی دیگر (۵ طبقه)، طبقه‌بندی گردید. به‌منظور برآورد صحت نقشه تراکم جنگل طبقه‌بندی‌شده، یک نقشه واقعیت زمینی از تصاویر ارائه‌شده در وب‌سایت مرکز منطقه‌ای زیرساخت اطلاعات مکانی کشور که به‌روز و دارای قدرت تفکیک مکانی مناسب هستند، تهیه شد. بیشترین میزان صحت کلی و ضریب کاپا در مطالعه حاضر، مربوط به طبقه‌بندی در پنج طبقه و به ترتیب معادل ٦١/٣٤ درصد و ۰/٤٢ محاسبه شد که در طبقه‌بندی ۷ طبقه، میزان صحت کلی و ضریب کاپا کمتر برآورد گردید. ازاین‌رو می‌توان نتیجه گرفت که در جنگل‌های زاگرس، کارایی مدل در تفکیک جنگل نیمه انبوه تا انبوه نسبتاً مناسب است درحالی‌که مدل در تفکیک طبقات با تراکم پایین‌تر، دقیق عمل نمی‌کند.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، مدل FCD، تراکم تاج پوشش جنگل، استان ایلام، جنگل‌های بیوره

مقدمه

تهیه نقشه پوشش اراضی در مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست به‌منظور ارائه برنامه استفاده از سرزمین و تعیین توان و استعداد اراضی ضروری بوده و به‌عنوان یکی از منابع اصلی در تدوین برنامه‌های توسعه محسوب می‌شوند (۱۵). هرگونه برنامه‌ریزی نیازمند گستره وسیعی از اطلاعات همه‌جانبه و به هنگام است تا با استفاده از آن‌ها تصمیم‌های جامع و کامل، برای حفظ و استمرار جنگل‌ها اتخاذ گردد. مدیریت کارا و پیروی از رهنمود و عملکردی مناسب برای حفظ و در صورت امکان، افزایش موجودی جنگل در هر منطقه، مستلزم در اختیار داشتن اطلاعات و مدارک منطبق با شرایط روز عرصه‌های جنگلی موردنظر است. تراکم پوشش جنگل، یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های کمی است که در برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های جنگل‌داری و به‌ویژه در احیای جنگل‌های مخروبه، مورد توجه قرار می‌گیرد. ازآنجایی‌که پوشش گیاهی موجود در جنگل‌های زاگرس قادر به تولید چوب قابل‌استفاده در صنایع مربوطه نمی‌باشد، بنابراین نمی‌توان حجم توده جنگلی را به‌عنوان یک عامل بررسی و اندازه‌گیری مورداستفاده قرار داد (۱۲). درنتیجه باید از مشخصه دیگری مانند تاج پوشش برای بررسی روند تحولات کمک گرفت (۲۵). آماربرداری زمینی و استفاده از روش‌های میدانی به‌منظور تهیه نقشه‌های مربوط به پوشش جنگل، پرهزینه بوده و انجام دوره‌ای آن، بسیار زمان‌بر است، بنابراین ابداع روشی برای خودکار نمودن فرآیند تهیه نقشه از مناطق بزرگ جنگلی و کسب اطلاعات بهنگام برای اجرای عملیات جنگل‌داری که با دقتی قابل‌قبول، هزینه مالی و زمانی کمتری انجام شود، همواره مورد توجه بوده است (۱۳). هرچند که داده‌های ماهواره‌ای کمک بزرگی در این رابطه نموده‌اند، اما روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده که معمولاً نتایج بهتری از دیگر روش‌های تجزیه و تحلیل این داده‌ها ارائه داده‌اند، نیاز به نمونه‌های تعلیمی دارند که عمدتاً از طریق کار میدانی تهیه می‌شوند. داده‌های ماهواره‌ای به دلیل برخورداری از مزایایی چون سطح پوشش وسیع، قابلیت تکرار، هزینه کمتر و امکان دسترسی به مناطق صعب‌العبور، سهولت پردازش و امکان استفاده توأم با داده‌های زمینی می‌تواند به‌عنوان یک گزینه در جمع‌آوری اطلاعات مطرح شوند (۱۸،۲۵). داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان جهت تهیه نقشه جنگل هست (۱۵). در سال‌های اخیر با استفاده از این داده‌ها نقشه جنگل به روش‌های مختلف تهیه‌شده است. در سال ۱۹۹۷، یک گروه وابسته به انجمن مشاوران جنگل‌داری برون‌مرزی ژاپن – جوفکا[1] (۹) مدل FCD[2] را به‌عنوان روشی سریع برای تهیه نقشه تراکم جنگل از روی تصاویر ماهواره‌ای (برحسب معیار درصد تاج پوشش) ابداع نمودند. این مدل بر اساس روابط موجود میان تراکم پوشش درختی و داده‌های ماهواره‌ای لندست به وجود آمده است و نیازی به نمونه‌های تعلیمی برای طبقات مختلف تراکم جنگل ندارد. این مدل توسط (۷،۱۹،۲۰) به‌ترتیب در کشورهای هندوستان، میانمار و اندونزی مورداستفاده قرارگرفته و نتایج خوبی به همراه داشته است. در ایران نیز این مدل توسط ساعی و آبکار (۲۱) در بخشی از جنگل‌های استان گیلان مورد بررسی قرارگرفته و در مقایسه با یک واقعیت نمونه‌ای انتخابی صحت کلی معادل ۸۳٪ ارائه داده

1- Japan Overseas Forestry Consultants Association
2- Forest Canopy Density

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]

است. کانگالتون (۶) در طبقه‌بندی تیپ‌های جنگلی در روش همزمان به‌کارگیری عکس‌های هوایی و داده‌های زمینی به حداکثر صحت کلی ۹۱٪ دست یافتند که البته آن‌ها از مجموعه گسترده‌ای از داده‌های کمکی و لایه‌های موجود در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. چاندراشخا و همکاران (۷) نقشه طبقه‌بندی تراکم تاج پوشش بخش جنوبی دره دون از ایالت اوتارانچال را به کمک سه روش قطعه‌بندی، تفسیر چشمی و مدل FCD تهیه نمودند و نتایج را مورد مقایسه قراردادند. صحت طبقه‌بندی روش FCD، ۸۰/۲۱ درصد، روش تفسیر چشمی، ۸۷/۵۰ درصد و روش قطعه‌بندی ۸۸/۷۱ درصد گزارش شد. بانرجی و همکاران (۵) نقشه تراکم پوشش جنگل را با استفاده از مدل FCD و داده‌های ماهواره TM در جنگل‌های بارانی شمال هندوستان تهیه کردند به‌طوری‌که نقشه حاصله دارای ۸۰ درصد صحت کلی و ضریب کاپایی معادل ۰/۷۳۲۶ می‌باشد. معین آزاد تهرانی و همکاران (۱۱) مدل FCD را برای تراکم جنگل‌های شمال کشور با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۷ مورد ارزیابی قرار داد. نقشه تراکم جنگل به دو صورت ۷ کلاسه‌ای و ۵ کلاسه‌ای بدست آمد. بیشترین میزان صحت کلی و ضریب کاپا در این مطالعه مربوط به روش طبقه‌بندی در ۵ طبقه و به ترتیب ۶۱ و ۳۸ درصد بود. شاهولی کوه‌شور و همکاران (۲۲) اقدام به تهیه نقشه تراکم تاج پوشش جنگل در جنگل‌های نیمه انبوه تا تنک شهرستان مریوان با استفاده از مدل FCD نمودند. میزان صحت کلی و ضریب کاپا در طبقه‌بندی ۶ و ۴ کلاسه به ترتیب ۵۲٪، ۰/۲۹ و ۵۳٪، ۰/۳۰ بدست آمد. با ادغام طبقات تراکمی تنک‌تر، صحت نقشه‌ها افزایش یافت و بالاترین میزان صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۶۲٪ و ۰/۳۹ در طبقه‌بندی ۳ کلاسه بدست آمد.

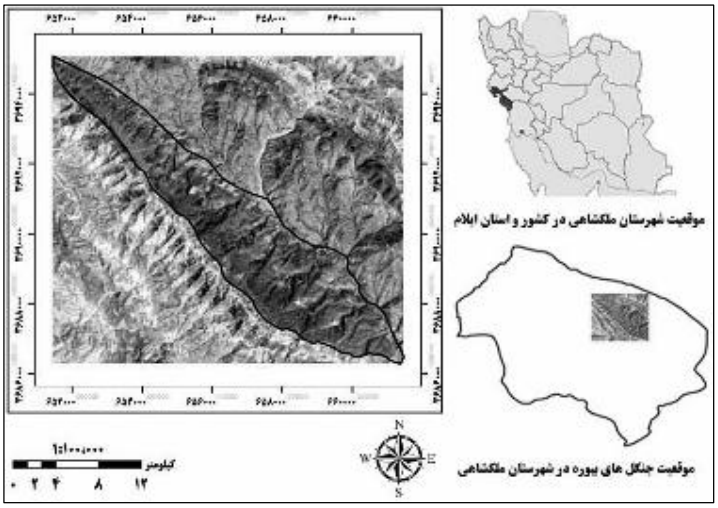
پاک‌خصال و بنیاد (۱۶) به طبقه‌بندی تراکم تاج پوشش جنگل‌های خزری با استفاده از مدل FCD پرداختند. بدین منظور نقشه تراکم جنگل با استفاده از طبقه‌های تراکم تاج پوشش ۵-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ درصد و یک طبقه فاقد جنگل (بایر) تهیه شد. نتایج نشان داد که نقشه تراکم تاج پوشش جنگل دارای ۷۱ درصد صحت کلی و ضریب کاپای آن ۰/۶۱ می‌باشد.

هدف این تحقیق بررسی قابلیت داده‌های سنجش‌ازدور لندست ۸ به‌منظور تهیه نقشه تراکم تاج پوشش با استفاده از مدل FCD در جنگل‌های بیوره شهرستان ملکشاهی واقع در استان ایلام است.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه موردمطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های شهرستان ملکشاهی در استان ایلام موسوم به بیوره با مساحت ۲۰۶۰ هکتار می‌باشد. این منطقه جنگلی در مجاورت شهر ارکواز ملکشاهی با گسترش شمال غربی- جنوب شرقی و در جنوب کوه معروف کبیر کوه امتداد دارد. ازنظر موقعیت جغرافیایی بین طول‌های ۶۵۱۴۱۴ و ۶۶۱۵۰۰ و عرض‌های۳۶۸۶۳۱۱ و ۳۶۹۵۰۳۸ در زون ۳۸ شمالی واقع‌شده است. جنگل‌های منطقه عمدتاً جز جوامع جنگلی مناطق خشک و نیمه‌خشک سلسله جبال زاگرس بوده و تیپ غالب جوامع جنگلی در اکثر مناطق گونه بلوط ایرانی است. پسته وحشی (بنه)، زالزالک، بادام‌کوهی، داغداغان و کیکم سایر گونه‌های جنگلی را تشکیل می‌دهند.



شکل ۱- موقعیت جنگل‌های بیوره در کشور و استان ایلام
Figure 1. position Bivareh forests in the country and Ilam

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]

داده‌های مورداستفاده

در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوطه سنجنده های OLI و TIRS تاریخ ۱۳۹۳/۰۴/۳۱ استفاده شد. همچنین جهت تهیه نقشه واقعیت زمینی از تصاویر ارائه‌شده در پایگاه اینترنتی مرکز منطقه‌ای زیرساخت اطلاعات مکانی[1] کشور که دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و به‌روز هستند استفاده گردید. نقشه‌های رقومی توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و مدل رقومی ارتفاع منطقه جهت انجام تصحیحات تصاویر به‌کاربرده شد.

ماهواره لندست ۸

لندست ۸ اخذ مستمر داده و در دسترس بودن داده‌های لندست را با استفاده از دو سنجنده، یکی سنجنده عملیاتی تصویرساز سرزمین (OLI[2]) که دارای نه باند طیفی می‌باشد و دیگری سنجنده حرارتی مادون‌قرمز (TIRS)[3] که دارای دو باند طیفی است، تضمین خواهد کرد. در این مطالعه سه باند شماره ۱، ۸ و ۹ سنجنده OLI و باند شماره ۱۱ سنجنده TIRS با توجه به هدف تحقیق مورد استفاده قرار نگرفتند.

جدول ۱- خصوصیات داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست ۸

Table 1. Specifications of Landsat OLI Satellite Data 8

باندهای طیفی	محدوده طیفی (میکرومتر)	تفکیک مکانی (متر)	شماره باند
باند Coastal / Aerosol	۰/۴۳–۰/۴۵	۳۰ متر	۱
مرئی (آبی)	۰/۴۵–۰/۵۱	۳۰	۲
مرئی (سبز)	۰/۵۲–۰/۶۰	۳۰	۳
مرئی (قرمز)	۰/۶۳–۰/۶۸	۳۰	۴
مادون‌قرمز نزدیک	۰/۸۴–۰/۸۸	۳۰	۵
مادون‌قرمز میانی	۱/۵۶–۱/۶۶	۳۰	۶
مادون‌قرمز میانی	۲/۱۰–۲/۳۰	۳۰	۷
پانکروماتیک	۰/۵–۰/۶۸	۱۵	۸
Cirrus	۱/۳۶–۱/۳۹	۳۰	۹

جدول ۲- خصوصیات داده‌های سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸

Table 2. Specifications of the TIRS Satellite Data for Landsat Satellite 8

باندهای طیفی	محدوده طیفی (میکرومتر)	تفکیک مکانی (متر)	شماره باند
مادون‌قرمز طول‌موج بلند	۱۰/۳۰–۱۱/۳۰	۱۰۰	۱۰
مادون‌قرمز طول‌موج بلند	۱۱/۵۰–۱۲/۵۰	۱۰۰	۱۱

روش تحقیق

تصحیح هندسی و ارتفاعی

به‌منظور اعمال تصحیح هندسی بر روی تصویر ماهواره‌ای با استفاده از روش نقشه به تصویر تعداد ۳۲ نقطه کنترل زمینی بر روی لایه‌های وکتوری جاده‌ها و آبراهه‌ها استخراج‌شده از نقشه‌های توپوگرافی و همچنین نقاط مرجع زمینی ثبت‌شده با GPS استفاده شد و نقاط متناظر آنها بر روی تصویر تعیین شد پس از به‌کارگیری روش نا پارامتری چندجمله‌ای[4] و حذف نقاط نامناسب، تصحیح هندسی با تعداد ۲۵ نقطه کنترل زمینی و میزان خطای ریشه میانگین مربعات (RMSE)[5] ۰/۲۹ پیکسل صورت گرفت.

به دلیل کوهستانی بودن منطقه تصحیح ارتفاعی نیز بر روی تصاویر اعمال شد. این کار با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه به کمک ۲۰ نقطه به روش تصویر به نقشه و خطای ریشه میانگین مربعات ۰/۳۸ پیکسل انجام شد. لازم به ذکر است که در تصحیحات هندسی، مقدار خطای ریشه میانگین مربعات قابل‌قبول، کمتر از ۰/۵ پیکسل است (۱۳). همچنین به‌منظور کاهش اثر گرد و غبار و ذرات معلق از مدل کاست در نرم‌افزار IDRISI Selva استفاده شد. برای کنترل دقت تصحیحات هندسی اعمال‌شده، لایه‌های خطی تهیه‌شده در محیط Arc GIS 10.2 مانند جاده‌ها و آبراهه را روی تصویر قرار داده که میزان تطابق آن‌ها رضایت‌بخش بود.

مدل FCD

روش FCD روش مدل مبنایی 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 لندست ۸ استفاده گردید. اجرای مدل تعیین انبوهی تاج پوشش جنگلی با استفاده از FCD دارای ۷ مرحله است. این ۷ مرحله شامل نرمالیزه 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 نهایی FCD می‌باشد. در این بررسی، هریک از مراحل هفت‌گانه در نرم‌افزار ایدریسی مدل‌سازی شدند.

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

$$X_1 = M - 2S, X_2 = M + 2S$$
$$Y_1 = 20, Y_2 = 220$$

$$Y = AX + B$$

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

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

1-http://www.web2gis.ir/ 2- Operational Land Imager 3- Thermal InfraRed Sensor
4- Nonparametric Polynomial 5- Root Mean Square Error

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]

انحراف معیار باندها استخراج و سپس با تبادلات خطی بالا و نرمال شد. باندها پس از نرمالیزه شدن در یک محدوده معین قرار می‌گیرند تا استاندارد معینی داشته باشند (۱۶).

شاخص گیاهی پیشرفته (Advanced Vegetation (Index: AVI

شاخص گیاهی به دلیل ناتوانی در حذف اثرات بازتاب پس زمینه خاک، در تعیین ترکم پوشش گیاهی از دقت کافی

$$AVI = [(Band5 + 1)(256 - Band4)(Band5 - Band4)]^{\frac{1}{3}}$$

شاخص خاک لخت (Bare Soil Index: BSI)

در مواردی که پوشش گیاهی کمتر از ۵۰ درصد است، مقادیر محاسبه‌شده برای شاخص گیاهی به واقعیت نزدیک نیست (۱۹). به همین خاطر برای مشخص نمودن نواحی فاقد پوشش گیاهی از BSI استفاده می‌شود. اساس آن بر تأثیر متقابل خاک بدون پوشش و پوشش‌دار استوار است. این شاخص از اطلاعات باند مادون‌قرمز میانی به‌منظور جداسازی پوشش گیاهی از دیگر پوشش‌ها استفاده می‌کند. منطق اساسی این رویکرد، بر پایه ارتباط متقابل و قوی (همبستگی شدید منفی) میان بازتاب خاک بدون پوشش و وضعیت پوشش گیاهی است.

با ترکیب دو شاخص پوشش گیاهی و خاک بدون پوشش، می‌توان به دامنه‌ای به‌هم‌پیوسته از وضعیت میزان پوشش گیاهی (پوشش گیاهی بسیار زیاد تا خاک بدون پوشش) در منطقه جنگلی دست‌یافت. رابطه ریاضی این شاخص عبارت است از (۲۰):

$$BSI = \frac{(Band2 + Band4) - (Band5 - Band2)}{(Band6 + Band) + (Band5 + Band2)} \times 100 + 100$$

پس از محاسبه شاخص BSI، دامنه مقادیر تصویر حاصل به محدوده دامنه ۸ بیتی تغییر داده شد.

شاخص سایه گیاهان (Shadow Index: SI)

در مدل FCD برای استخراج اطلاعات مربوط به ساختار جنگل از طریق داده‌های دورسنجی، خصوصیت سایه با بهره‌گیری از داده‌های طیفی مربوط به سایه جنگل و داده‌های حرارتی که تحت تأثیر سایه قرار دارد، بررسی می‌گردد. در جنگل‌های جوان و تقریباً مسطح شاخص سایه مقدار کمتری را در مقایسه با جنگل‌های رشد یافته و قدیمی از خود نشان می‌دهد (۱۶). شاخص سایه بر این اساس که در مناطق سایه میزان بازتاب ثبت‌شده در محدوده باندهای مرئی کم است، محاسبه می‌گردد (۱۱). 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 تاج پوشش جنگل است. از این شاخص در تعیین منابع درختی خارج از جنگل نیز استفاده‌شده است (۲۵). رابطه ریاضی شاخص سایه چنین است:

$$SI = \sqrt[3]{(256 - Band2) \times (256 - Band3) \times (256 - Band4)}$$

شاخص حرارتی (Thermal Index: TI)

در جنگل، دو عامل باعث خنک‌تر شدن نسبی محیط می‌شود. عامل نخست، اثر پوششی تاج پوشش جنگلی است که مانع از رسیدن انرژی خورشید شده و آن را جذب می‌کند. عامل دیگر، تبخیر از سطح برگ است که باعث تعدیل گرما می‌شود. از این ویژگی می‌توان به‌عنوان ابزاری برای تفکیک مناطق سایه از مناطقی که خاک آن‌ها تیره است، استفاده نمود.

برای تهیه نقشه تراکم تاج پوشش جنگل منطقه موردمطالعه تهیه شاخص TI لازم است. در این مرحله شاخص حرارتی به دست می‌آید. این شاخص با استفاده از داده‌های حرارتی سنجنده TIRS در باند۱۰ حاصل می‌گردد و خروجی آن درواقع دمای هر پیکسل بر روی زمین برحسب درجه کلوین است. جهت محاسبه شاخص حرارتی، ابتدا مقادیر باند ۱۰، طبق رابطه اول به بازتابش مطلق تبدیل گردید و سپس طبق رابطه دوم، شاخص حرارتی محاسبه گردید (۱۰).

$$L = L_{Min} + \left[\frac{(L_{Max} - L_{Mtn})}{255} \times Q\right]$$

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

$$K_1 = 774.89 \frac{watts}{m^2.ster.\mu m}$$

$$K_2 = 1321.08\ (Kelvin)$$

$$L_{Min} = 0.1003 \frac{watts}{m^2.ster.\mu m}$$

$$L_{Max} = 22.0018 \frac{watts}{m^2.ster.\mu m}$$

در این روابط Q: مقدار عددی پیکسل در باند ۱۰، T: در جه حرارت زمینی برحسب کلوین،K1 وK2: ثابت‌های مربوط به تنظیم سیستم سنجنده و L: مقدار رادیانس برگشتی در باند مادون‌قرمز حرارتی می‌باشد (۱۶).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]

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 می‌شود.

شاخص سایه پیشرفته (Advanced ShadowIndex: ASI)

وقتی تاج پوشش جنگل بسیار متراکم باشد، داده‌های ماهواره‌ای قادر نیستند میزان سایه را ارائه نمایند. درنتیجه امکان دارد تراکم تاج پوشش، درست برآورد نشود. برای اینکه خطای ناشی از مناطق فاقد پوشش گیاهی و در نظر گرفتن سایه ناشی از عوارضی نظیر کوه‌ها به‌عنوان سایه تاج پوشش درختان جنگلی کاهش یابد و به‌بیان‌دیگر به‌منظور کمینه کردن خطای شمول شاخص سایه، با انجام برخی پردازش‌ها و روش‌های آستانه گذاری شاخص سایه پیشرفته را بدست می‌آوریم. تهیه این شاخص شامل سه‌گام زیر است:

الف) پردازش مکانی

ب) آشکار نمودن فضای خالی جنگل

با استفاده از شاخص VI و تعیین حد آستانه مناسب (برای مناطق جنگلی ASI=SI و برای مناطق غیر جنگلی ASI=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 ASI=0 و چنانچه مقدار پیکسل کوچک‌تر از حد آستانه باشد ASI=SI خواهد بود) (۱۶).

با استفاده از شاخص سایه پیشرفته می‌توان میان پوشش گیاهی مربوط به تاج پوشش درختان جنگل و پوشش گیاهی غیر جنگلی تمایز ایجاد نمود. این مسئله یکی از مهم‌ترین برتری‌های این مدل است. این امر باعث کسب نتایج صحیح‌تر نسبت به نتایج تحلیل‌های پیشین می‌شود (۱۱).

شاخص سایه هم قیاس شده (Scaled Shadow Index: SSI)

شاخص سایه تغییر مقیاس داده‌شده 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 هم قیاس کردن مشخصه‌های ترکیبی به‌منظور محاسبه مقدار نهایی انبوهی تاج پوشش جنگل (FCD) می‌باشد. SSI=100 بیانگر وجود حداکثری در میزان تاج پوشش بوده و در مقابل SSI=0 بیانگر کمترین میزان تاج پوشش جنگلی در منطقه موردمطالعه است. با توسعه شاخص SSI به‌راحتی می‌توان تفاوت بین گیاهان تاج پوشش‌دار را با گیاهان موجود روی زمین دریافت. این قابلیت یکی از بهترین ویژگی‌های مدل FCD تلقی می‌شود و با استفاده از آن می‌توان افق جدیدی را بر مطالعات گیاهی گشود.

تراکم گیاهی (Vegetation Density: VD)

ازآنجایی‌که اساساً شاخص‌های گیاهی (AVI) و BI همبستگی منفی بسیار بالایی دارند، با ترکیب آن‌ها و استفاده از مؤلفه اول روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص تراکم گیاهی به دست می‌آید. برای تهیه این شاخص ابتدا این دو شاخص باهم ترکیب شدند و سپس مؤلفه اول این ترکیب به‌عنوان تراکم گیاهی استفاده شد. اولین مؤلفه خروجی این تحلیل که دربرگیرنده اطلاعات دو شاخص ورودی آن است، بیانگر تراکم پوشش گیاهی می‌باشد. همانند شاخص سایه مقیاس داده‌شده، مقادیر این شاخص را نیز از ۰ تا ۱۰۰ مرتب گردید تا درصد تاج پوشش بدست آید.

تهیه نقشه تراکم پوشش جنگل (FCD)

با استفاده از شاخص‌های سایه و تصویر تراکم گیاهی که مقادیر هر دو آن‌ها از ۰ تا ۱۰۰ مرتب‌شده است، نقشه FCD منطقه برحسب درصد بدست می‌آید. مدل FCD از رابطه زیر محاسبه می‌شود که از این رابطه در نرم‌افزار با جایگزینی تراکم گیاهی و شاخص سایه، مدل انبوهی تاج پوشش جنگل تهیه می‌شود (۱۶).

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

با استفاده از رابطه اخیر، نقشه تراکم تاج پوشش جنگل محاسبه گردید. از روی‌داده‌های حاصل از اجرای مدل، تصویری تهیه می‌شود که ارزش عددی هر پیکسل آن نشانگر درصد تاج پوشش در محدوده جنگلی متناظر آن پیکسل است. سپس نقشه حاصل به دو صورت طبقه‌بندی گردید: ۱- بر اساس تعریف شورای عالی جنگل (۷ طبقه) ۲- طبقه‌بندی ۵ طبقه‌ای (جدول ۳).

جدول ۳- طبقات تراکمی ۷ و ۵ طبقه‌ای

Table 3. Condensation Classes 7 and 5 Class

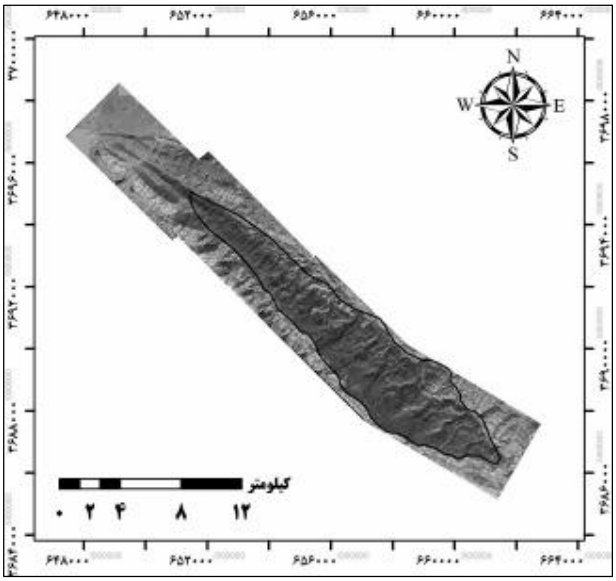
طبقات تراکمی جنگل	درصد تراکم تاج پوشش	
	طبقه‌بندی ۷ طبقه‌ای	طبقه‌بندی ۵ طبقه‌ای
۱	بیشتر از ۷۵	بیشتر از ۷۵
۲	۵۰ تا ۷۵	۵۰ تا ۷۵
۳	۲۵ تا ۵۰	۲۵ تا ۵۰
۴	۱۰ تا ۲۵	۱ تا ۲۵
۵	۵ تا ۱۰	صفر تا ۱ (غیر جنگل)
۶	۱ تا ۵	
۷	صفر تا ۱ (غیر جنگل)	

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]

تهیه نقشه واقعیت

تهیه نقشه دقیق تراکم تاج پوشش منطقه موردمطالعه، برای ارزیابی و بررسی میزان صحت نقشه تراکم تاج پوشش جنگل حاصل از انجام مدل FCD، امری ضروری است. به‌منظور تهیه نقشه واقعیت زمینی صد درصد منطقه، از تصاویر ارائه‌شده در پایگاه اینترنتی مرکز منطقه‌ای زیرساخت اطلاعات مکانی کشور که دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و به‌روز هستند استفاده گردید. به‌طوری بر روی تصویر منطقه تا آخرین حد آن زوم می‌شد به‌طوری‌که تمام پدیده‌ها در آن قابل‌تفکیک باشند سپس از آن عکس تهیه می‌شد، آن عکس در محیط نرم‌افزار Arc GIS ژئورفرنس شده و در محیط نرم‌افزار IDRISI موزاییک قطعات عکس تهیه شد (شکل ۲). لازم به ذکر است که از کل عرصه موردمطالعه درنهایت ۹۶ قطعه عکس تهیه گردید. بر روی عکس‌های موزاییک شده ابتدا از طریق تفسیر چشمی مناطق جنگلی از مناطق فاقد جنگل تفکیک شدند. سپس با توجه به تعریف سازمان جنگل‌ها، برای طبقات جنگل و اراضی جنگلی، طبقات تراکمی مختلف با کمک عوامل تفسیر و میزان بسته یا باز بودن تاج پوشش در قالب پلی گون‌های تراکمی مختلف جداسازی گردیدند. تراکم پلی گون‌های دارای طبقه تراکمی یکسان از طریق شبکه نقطه‌چین به‌صورت کمی محاسبه شد. با توجه به تعداد کل نقاط درون پلی گون‌ها و تعداد نقاط قرارگرفته بر روی تاج درختان، درصد تاج پوشش طبقات تراکمی محاسبه و سپس به هر گروه پلی گون با توجه به درصد تاج پوشش، عددی از شماره ۱ تا ۷ اختصاص یافت. ساختار نقشه واقعیت زمینی جهت مقایسه با نقشه‌های حاصل از مدل FCD از برداری به رستری تبدیل شد و به نرم‌افزار IDRISI وارد شد.



شکل ۲- موزاییک تصاویر اخذشده جهت تهیه تصویر واقعیت زمینی
Figure 2. Mosaic images taken to create a reality image

آماره اشتباه معیار و آماره‌های اشتباه آماربرداری و درصد اشتباه آماربرداری برای هر طبقه تراکمی جداگانه محاسبه گردید. برای هر طبقه تراکمی میزان اشتباه آماربرداری باید کمتر از ۱۰ درصد باشد (۱۳). در غیر این صورت شبکه آماربرداری با ابعاد کوچک‌تر طراحی و تفسیر می‌گردد که این میزان به کمتر از ۱۰ درصد برسد (۴).

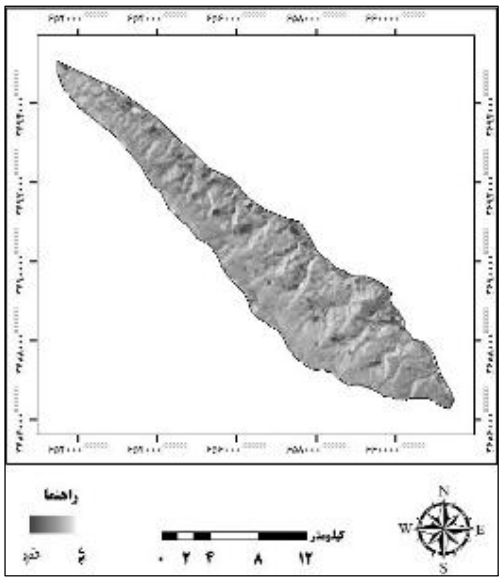
تعیین صحت نقشه تراکم حاصل از اجرای مدل

برای ارزیابی قابلیت مدل، نقشه طبقه‌بندی‌شده تراکم تاج پوشش حاصل از اجرای مدل، با نقشه طبقه‌بندی‌شده تراکم واقعیت زمینی، به‌صورت پیکسل به پیکسل مقایسه گردید. نتایج به‌صورت جدولی تهیه گردید و صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شد.

نتایج و بحث

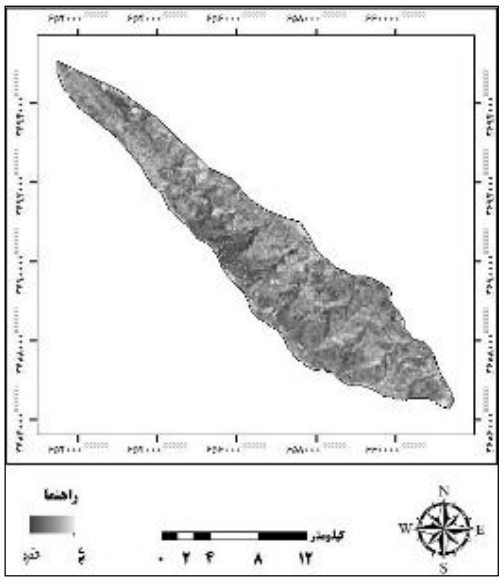
شکل ۳ نتایج محاسبه شاخص گیاهی پیشرفته را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که هرجایی که پررنگ‌تر میزان تراکم تاج پوشش بالاتر است. شکل ۴ تصویر حاصل از محاسبه شاخص خاک بدون پوشش را نمایش می‌دهد. در این تصویر قسمت‌های بدون پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی کم پررنگ‌تر دیده می‌شود و مقدار این شاخص در این مناطق نسبت به مناطق با پوشش گیاهی خوب بیشتر است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]



شکل ۳- تصویر حاصل از محاسبه شاخص AVI

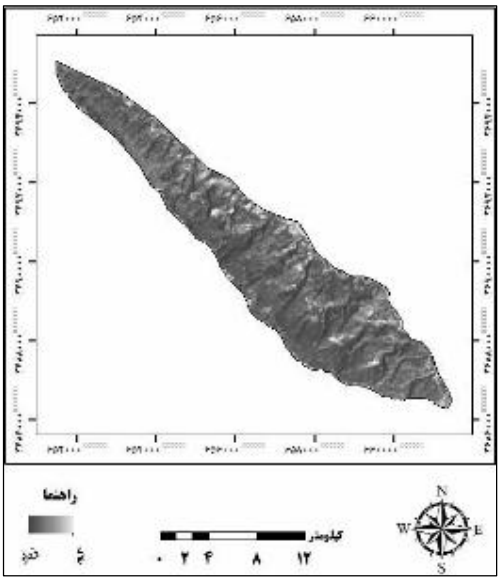
Figure 3. Image of the index AVI



شکل ۴- تصویر حاصل از محاسبه شاخص BI

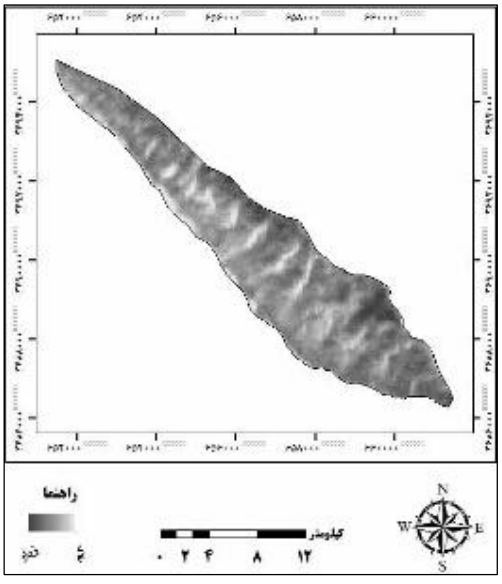
Figure 4. The image obtained from the index BI

شکل ۵ تصویر حاصل از محاسبه شاخص سایه را نشان می‌دهد. مناطق پررنگ‌تر مناطقی است که میزان سایه در آن‌ها بیشتر است و کمیت این شاخص در آن‌ها زیادتر است. شکل ۶ شاخص سایه پیشرفته را نشان می‌دهد. نحوه محاسبه این شاخص از روی شاخص سایه است، یعنی مرتب کردن ارزش‌ها بین صفر تا ۱۰۰ می‌باشد. به‌بیان‌دیگر در شاخص سایه هر پیکسل ممکن است مقداری بین صفر تا ۲۵۵ را دارا باشد، درحالی‌که در شاخص سایه پیشرفته صفر تا ۱۰۰ می‌باشد.



شکل ۵- تصویر حاصل از محاسبه شاخص سایه (SI)

Figure 5. The image obtained from the shadow index (SI)



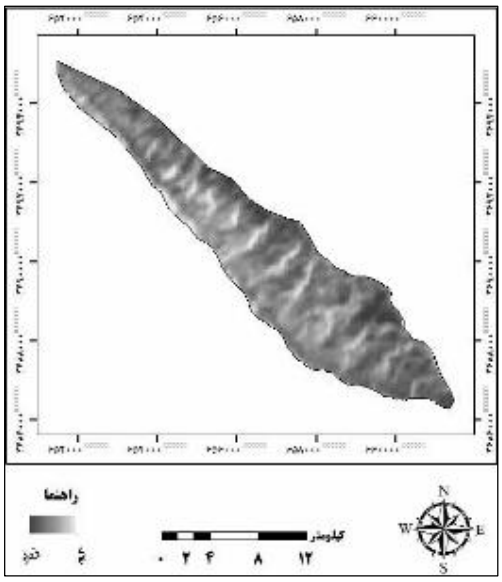
شکل ۶- تصویر حاصل از محاسبه شاخص SSI

Figure 6. Image obtained from the index SI

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]

در شکل ۷ نتایج محاسبه شاخص حرارتی نشان داده‌شده است. در قسمت‌های پررنگ‌تر تصویر مقادیر بیشتری ثبت‌شده و حرارت ساطع‌شده از سطح زمین در این قسمت‌ها نسبت به حرارت سایر قسمت‌ها بیشتر بوده است. این قسمت‌ها به‌طور عمده مناطقی هستند که به دلیل نداشتن پوشش جنگلی، میزان جذب انرژی خورشید در آن‌ها زیاد است و میزان تبخیر و تعرق نیز در آن‌ها کم است. بنابراین حرارت بیشتری از خود ساطع می‌کنند.



شکل ۷- تصویر حاصل از محاسبه شاخص TI
Figure 7. The image obtained from the index TI

حاصل محاسبات ضریب همبستگی، میان شاخص گیاهی با خاک بدون پوشش در جدول ۴ درج‌شده است.

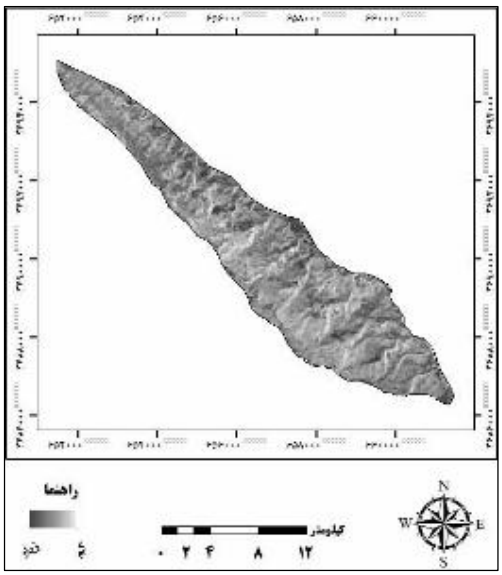
جدول ۴- نتایج محاسبه ضریب همبستگی میان شاخص AVI و BI
Table 4. Results of calculating the correlation coefficient between the AVI and BI index

شاخص‌ها	ضریب همبستگی
AVI با BI	-۰/۷۳۲۱

همان‌طور که دیده می‌شود همبستگی منفی بالایی بین دو شاخص AVI و BI دیده می‌شود. بنابراین با توجه به روند پیشنهادی مدل، شاخص تراکم گیاهی (VD) از ادغام دو شاخص AVI و BI به روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی به دست آمد (شکل ۸).

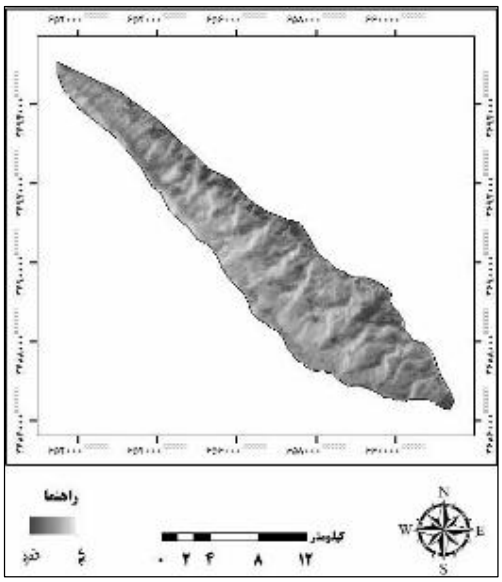
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]



شکل ۸- تصویر حاصل از محاسبه شاخص VD
Figure 8. Image obtained from the index VD

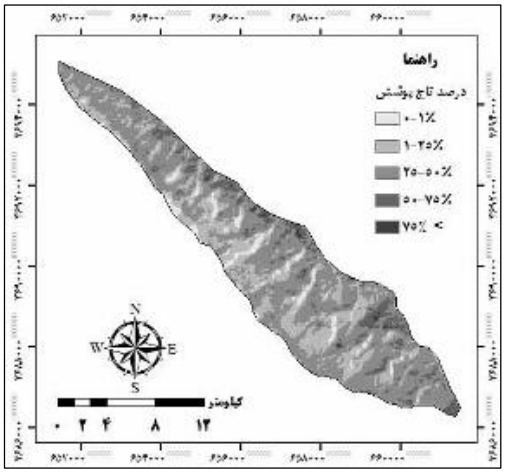
در شکل ۹ نتیجه حاصل از محاسبه درصد تراکم تاج پوشش جنگل (FCD) به‌صورت نقشه تراکم، نمایش داده‌شده است. مناطق پررنگ‌تر نمایانگر مناطق با تاج پوشش متراکم‌تر و مناطق روشن‌تر مربوط به مناطق با تراکم تاج پوشش کمتر یا بدون تاج پوشش جنگلی هستند.



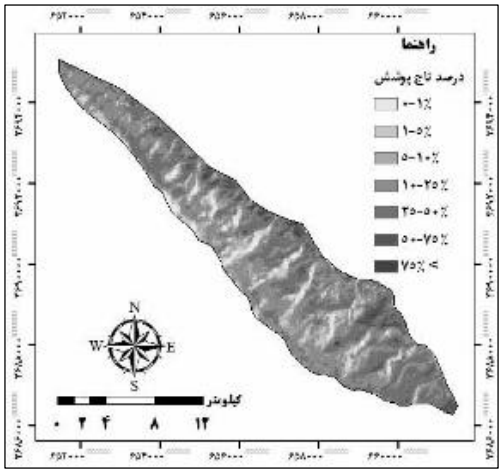
شکل ۹- نقشه درصد تراکم تاج پوشش جنگل (FCD)
Figure 9. forest canopy density map (FCD)

سپس نقشه درصد تراکم تاج پوشش جنگل به دو روش ذکرشده ابتدا به ۷ طبقه و در ادامه به ۵ طبقه طبقه‌بندی گردید. که در تصاویر ۱۰ و ۱۱ نشان داده‌شده‌اند.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]



شکل ۱۰- نقشه تراکم پوشش جنگلی در پنج طبقه
Figure 10. Density map forest cover five floors



شکل ۱۱- نقشه تراکم پوشش جنگلی در هفت‌طبقه
Figure 11. Density map forest cover in seven categories

نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های طبقات تراکم به‌دست‌آمده از مدل FCD با نقشه‌های واقعیت زمینی در جدول‌های ۵ و ۶ ارائه‌شده است.

جدول ۵- نتایج برآورد صحت حاصل از طبقه‌بندی در ۷ طبقه تراکمی
Table 5. Results of Accuracy Estimation from Classification in 7 Stocks

طبقات (درصد)	صحت تولیدکننده (٪)	صحت کاربر (٪)	صحت کلی (٪)	ضریب کاپا
غیر جنگل (۰-۱)	۵/۹۱	۱۴/۱۷		
۱-۵	۱۳/۳۳	۲۶/۳۱		
۵-۱۰	۲۳/۷۵	۴۶/۹۷		
۱۰-۲۵	۴۳/۱۱	۴۸/۵۷	۴۹/۸۶	۰/۳۳
۲۵-۵۰	۵۴/۳۷	۷۵/۱۸		
۵۰-۷۵	۱۵/۱۹	۲۸/۳۷		
بیش از ۷۵	۷/۲۷	۱۴/۵۳		

جدول ۶- نتایج برآورد صحت حاصل از طبقه‌بندی در ۵ طبقه تراکمی
Table 6. Accuracy results from classification in 5 groups

طبقات (درصد)	صحت تولیدکننده (٪)	صحت کاربر (٪)	صحت کلی (٪)	ضریب کاپا
غیر جنگل (۰-۱)	۱۵/۷۶	۱۸/۳۲		
۱-۲۵	۶۲/۱۳	۵۷/۴۳		
۲۵-۵۰	۸۲/۲۶	۸۵/۴۱	۶۱/۳۴	۰/۴۲
۵۰-۷۵	۵۳/۳۱	۶۳/۲۸		
بیش از ۷۵	۱۶/۱۱	۱۹/۳۵		

به‌طورمعمول کاربرد سنجش‌ازدور سنتی در جنگل‌داری، بر اساس آنالیز کیفی داده‌های بدست آمده از نمونه‌های تعلیمی یا واقعیت زمینی است. برخلاف روش کیفی و سنتی، مدل FCD پدیده رویش جنگل را که جزو تحلیل‌های کمی و عددی است را مشخص می‌نماید. در این روش، درجه تراکم جنگل برای هر پیکسل به درصد محاسبه می‌شود. داده‌های مدل FCD، شدت عملیات احیاسازی موردنیاز را نشان می‌دهد و همچنین امکان پایش تغییرات ایجادشده در وضعیت جنگل در طول زمان، مانند کاهش و تخریب جنگل را ممکن می‌سازد (۱۹). در این مطالعه میزان صحت کلی و ضریب کاپای بدست آمده از طبقه‌بندی تراکم تاج پوشش در ۷ طبقه، به ترتیب ۴۹٪ و ۰/۳۳ بود. جهت بهبود صحت نتایج، طبقه‌بندی به‌صورت ۵ طبقه نیز انجام گرفت. صحت کلی و ضریب کاپای بدست آمده از طبقه‌بندی تراکم تاج پوشش جنگل در این حالت به ترتیب ۶۱٪ و ۰/۴۲ بدست آمد. که افزایش چشم‌گیری در میزان صحت را نشان داد. در حالت طبقه‌بندی ۷ کلاسه طبقه ۲۵-۵۰ درصد و در حالت طبقه‌بندی ۵ کلاسه طبقه ۲۵-۵۰ درصد دارای بیشترین صحت تولیدکننده هستند درحالی‌که کمترین میزان صحت تولیدکننده در طبقه‌بندی هفت کلاسه و پنج کلاسه به طبقه غیر جنگل مربوط می‌شود. ازاین‌رو می‌توان نتیجه گرفت که کارایی مدل در تفکیک جنگل نیمه انبوه تا انبوه مناسب است، درحالی‌که مدل در تفکیک طبقات با تراکم پایین و بدون پوشش، دقیق عمل نمی‌کند. شاهولی کوه شو و همکاران

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]

(۲۳) نیز در تحقیق خود در جنگل‌های غرب کشور به نتایج مشابهی دست یافتند، همچنین معین آزاد تهرانی (۱۱) در مطالعه خود این موضوع را تایید کرده است که بیشترین میزان صحت کاربر و تولیدکننده در طبقه‌بندی ۷ طبقه، مربوط به طبقه جنگل بسیار انبوه (۷۵–۱۰۰ درصد) و پایین‌ترین میزان صحت تولیدکننده نیز به طبقات اراضی (۱–۵ درصد) جنگل مربوط می‌شود. با وجود اینکه این مدل برای برآورد دقیق‌تر وضعیت پوشش جنگلی، شاخص خاک بدون پوشش را مورداستفاده قرار می‌دهد، اما مشاهده گردید که همچنان در پوشش‌های کم تراکم از صحت کمتری برخوردار است. روی و همکاران (۲۱) و ریکیمورا و همکاران (۲۰) از مدل FCD جهت تهیه نقشه تراکم تاج پوشش جنگل‌های همسال و جنگل‌کاری‌ها و ناندی (۱۴) و عزیزی و همکاران (۴) جهت تهیه نقشه تراکم تاج پوشش جنگل‌های مخلوط پهن‌برگ از این مدل استفاده نمودند. صحت کلی حاصل از اجرای روش FCD در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی در این تحقیقات بیش از ۸۰٪ برآورد شد. علت صحت بالاتر این مطالعات در مقایسه با تحقیق حاضر را می‌توان در ساختار و تراکم تاج پوشش جنگل‌ها و شرایط توپوگرافی منطقه مورد مطالعه، جستجو نمود.

شاید دلیل اصلی ضعف مدل FCD در ارائه طبقات جنگلی تنک و نیمه انبوه را بتوان با توجه به ابعاد معمول تاج پوشش درختان توضیح داد. ابعاد تاج پوشش یک درخت در بسیاری از موارد کمتر از حدی است که بتواند یک پیکسل OLI با ابعاد ۳۰×۳۰ را تحت تأثیر قرار دهد، این امر برای باندهای ادغام‌شده با ابعاد ۱۵ متر نیز صادق است (۱۴). اگر نزدیکی و مجاورت درختان به‌اندازه‌ای باشد که یک پیکسل را تحت تأثیر قراردهد، آنگاه دیگر با طبقه تراکم انبوه و بسیار انبوه مواجه خواهیم بود که مدل FCD به‌خوبی نمایان می‌شود (۲۴). علاوه بر این پیاده‌سازی مدل در مناطق صرفاً جنگلی منجر به افزایش ضریب کاپا و دقت کلی خواهد شد، زیرا در چنین مناطقی طبقه‌های انبوهی تنک و نیمه انبوه بسیار کمتر بوده و ضعف مدل در ارائه این طبقه‌ها مشهود نخواهد بود.

با توجه به اینکه روشFCD در تفکیک طبقات تراکمی بسیار متراکم، دقیق‌تر عمل می‌نماید و در جنگل‌های زاگرس طبقات تراکمی بسیار انبوه یافت نمی‌شود و همچنین به دلیل بازتاب زیاد خاک زمینه و اختلاط طیفی پوشش اصلی، صحت کلی نقشه‌های تراکم تاج پوشش حاصل از اجرای مدل در جنگل‌های زاگرس در مقایسه با اجرای مدل در جنگل‌های متراکم‌تر، پایین‌تر می‌باشد.

احمدی ثانی و همکاران (۳) و عبدالهی و همکاران (۱) و عبدالهی و شتایی (۲) در مطالعاتی در جنگل‌های زاگرس با استفاده از خوارزمی‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت‌شده اقدام به تهیه نقشه تراکم تاج پوشش در این جنگل‌ها نمودند و به صحت‌های کلی بالاتر از ۷۸ درصد دست پیدا نکردند که صحت‌های بدست آمده از این مطالعات از صحت کلی تحقیق حاضر بالاتر است چراکه آن‌ها از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده که نیاز به جنگل گردشی زیاد و برداشت نمونه‌های تعلیمی دقیق جهت معرفی به سیستم دارند. برداشت نمونه‌های تعلیمی مناسب و جنگل گردشی، نیاز به‌صرف زمان و هزینه زیادی دارد. حال‌آنکه درروش FCD، به دلیل عدم نیاز به تعیین نمونه‌های تعلیمی، حجم کار و در نتیجه هزینه انجام کار به‌مراتب کمتر از روش‌های دیگر طبقه‌بندی است. بنابراین با توجه به شرایط دشوار دسترسی و کار در عرصه‌های جنگلی، استفاده از الگوریتم‌هایی که با داده‌های تعلیمی اندک نتایج قابل قبولی ارائه دهند، بسیار موردتوجه خواهد بود لذا با توجه به نزدیک بودن نتایج حاصل از اجرای مدل FCD جهت تهیه نقشه تراکم تاج پوشش و نتایج حاصل از انواع طبقه‌بندی کننده‌ها در تحقیق‌های اشاره‌شده، استفاده از این مدل در تهیه نقشه تراکم جنگل با طبقه‌بندی ۵ کلاسه در شرایط فعلی منطقی به نظر می‌رسد. بنابراین ازآنجاکه مدیریت جنگل‌های زاگرس در چارچوب یک سیاست جنگلداری منسجم نیازمند گستره وسیعی از اطلاعات به هنگام است و یکی از عوامل مهم در تعیین وضعیت این جنگل‌ها، اطلاع از تراکم تاج پوشش می‌باشد، نتایج تحقیق می‌تواند گامی در راستای مدیریت بهتر این سرمایه‌ها به شمار رود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]

منابع

1. Abdollahi, H., Sh. Shataee, A. Sepehri and H. Zanganeh. 2010. Comparing investigation on landsat-ETM^{+} and IRS-P6-LISSIV data for canopy cover mapping of Zagros forests (case study: Javanroud forests). Wood & Forest Science and Technology, 17(3): 1-18 (In Persian).
2. Abdollahi, H. and Sh. Shataee. 2012. Comparative evaluation of IRS-P6-LISSIV images for canopy cover mapping of Zagros forests (case Study, Javanroud Forests). Wood & Forest Science and Technology, 19(1): 43-60 (In Persian).
3. Ahmadi Sani, N. 2005. An Investigation on capabilities of Aster data to provide forest density maps (case study, forests of Marivan), M.Sc. Thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, 87 pp (In Persian).
4. Azizi, Z., A. Najafi and H. Sohrabi. 2008. Forest canopy density estimating, using satellite images. Commission VIII, WG VIII/11, Proceedings of ISPRS, Beijing (China) 4-6.
5. Banerjee, K., P. Surajit, B. Jatisankar and K. Manish. 2014. Forest Canopy Density Mapping Using Advance Geospatial Technique. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, 1(7): 6 pp.
6. Cangalton, R.G., K. Green and J. Teply. 1993. Mapping Old Growth Forests on National Park Lands in The Pacific Northwest from Remotely. Photogrammetric Eng. and Remote Sens, 59(4): 529-535.
7. Chandrashekhar, M.B., S. Saran, P. Raju and P. Roy. 2005. Forest canopy density stratification: How relevant is biophysical spectral response modelling approach? Geocarto International, 20(1): 15-21.
8. Firman, H., W. Ketut and S. Irawan. 2004. Implementation of Forest Canopy Density model to monitor fragmentation in Mt. Simpang and Mt Tilu nature reserves, West Java, Indonesia. 3rd FIG Regional Conference Jakarta, Indonesia, October 3-7.
9. JOFCA. 1997. Utilization of remote sensing in site assessment and planning for rehabilitation of logged-over forest. Project report prepared for ITTO. Rep. 68 pp.
10. Moeinazad, Tehrani, S.M., A.A. Darvishsefat and M. Namiraniyan. 2008. Evaluation of FCD Model for estimation offorest density using Landsat 7 imagery (Case study: Chalus Forest). Iranian Journal of Forest and PoplarResearch 16(1): 23-37 (In Persian).
11. Joshi, C., J.D. Leeuw, A.K. Skidmore, I. Duren and H. Van Oosten. 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(2): 84-95.
12. Mahdavi, A., M. Niknejad and O. Karami. 2014. Multi-Criteria Evaluation of Land for Ecotourism Development (Case Study: Khorram-Abad Country). Ecology of Iranian Forest, 2(4): 56-69.
13. Mahdavi, A., O. Karami and J. Mirzaei. 2013. Application of Analytical Network Process (ANP) in Determination and Evaluation of Potential Area to Ecotourism Development inBadreh Area, Ilam. Ecology of Iranian Forests. 2013, 1(1): 30-45.
14. Nandy, S., P. Joshi and K. Das. 2003. Forest canopy density stratification using biophysical modeling. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 31(4): 291-297.
15. Niknejad, M., V. Mirzaei zadeh and M. Heydari. 2014. Comparing different classifications of satellite imagery in forest mapping (Case study: Zagros forests in Iran). International Research Journal of Applied and Basic Sciences© 2014 Available online at www.irjabs.com ISSN 2251-838X / Vol, 8(7): 1407-1415 Science Explorer Publications.
16. Pakkhesal, E. and A.E. Bonyad. 2013. Classification and delineating natural forest canopy density using FCD model (Case study: Shafarud area of Guilan). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, (In Persian).
17. Pôças, I., M. Cunha. Pereira, L.S. and R.G. Allen. 2013. Using remote sensing energy balanceand evapotranspiration to characterize montanelandscape vegetation with focus on grass andpasture lands, International Journal of AppliedEarth Observation and Geoinformation, 21: 159-172.
18. Rahdari, V., S.M. Najaf Abadi, F. Amiri, A.R.M. Shariff and T. Tabatabaie. 2012. Detection of land-use/cover changes over Chahnimeh in Iran using LandSat TM images. Fresenius Environmental Bulletin, 21(12): 3825-3835.
19. Rikimaru, A. 2003. Concept of FCD Mapping Model and Semi-Expert System. Japan Overseas Forestry Consultants Association. Rep. 72 pp.
20. Rikimaru, A., Y. Utsuki and S.Yamashita. 1998. The Basic Study of the Maximum Logging Volume Estimation for Consideration of Forest Resources Using Time Series FCD Model.
21. Roy, P.S. 1997. Space Remote Sensing for Forest Management. Indian Institute of Remote Sensing (National Remote Sensing Agency). www.biospec.org/bpmt/P.S.Roy_Biodata.doc.
22. Saei Jamalabad, M. and A.A. Abkar. 2004. Forest Canopy Density monitoring, using satellite images. Map Asia 2003.
23. Shahvali Kouhshour, A., M. Pir Bavaghar and P. Fatehi. 2012. Forest cover density mapping in sparse and semi dense forests using forest canopy density model (Case study: Marivan forests). Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science, (In Persian).
24. 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 aldin Tusi University, 95 pp (In Persian).
25. Yeganeh, H., S. Jamale Khajedein, F. Amiri and A.R.M. Shariff. 2012. Monitoring rangeland ground cover vegetation using multitemporal MODIS data. Arabian Journal of Geosciences, 1-12. doi: 10.1007/s12517-012-0733-0.
26. Zobeiri, M. 2002. Forest Biometry. University of Tehran Press. 405 pp (In Persian).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]

Estimation of Forest Canopy Density using FCD

Vahid Mirzaei Zadeh[1], Maryam Niknejad[2] and Seyed Mohamah Hojjati[3]

1- Graduated M.Sc. Student, university of Ilam
2- Ph.D. Student, Sari University of Agriculture Sciences and Natural Resources,
(Corresponding author: maryam612niknejad@yahoo.com)
3-Associate Professor, Sari University of Agriculture Sciences and Natural Resources
Received: December 10, 2014 Accepted: Jan 8, 2017

Abstract

In order to map the forest canopy density Bivareh Ilam Landsat 8 satellite data of 22 July 2014 and FCD model was used. The FCD of four indicators of vegetation, soil, shade and the heat index by applying a suitable threshold was and the density of vegetation and forest canopy density map based on FCD in percent respectively. Forest density map obtained, according to the classes provided by the Supreme Council of Forest, Range and Soil of Forest and Rangeland and Watershed Management (7 classes) and a classification (5 classes), were defined. To determine the accuracy of the classified forest density map, a map of the ground reality of the images presented on the website of the Regional Centre spatial data infrastructure updates and spatial resolution are prepared. The highest overall accuracy and Kappa coefficient in the present study, the classification in five classes of 61/34% and 0/42, respectively, were calculated. The classification of 7 classes, the overall accuracy and kappa coefficient was estimated. Therefore we can conclude that in the Zagros forests, semi-massive to massive forest separation efficiency model is appropriate when the separation of the classes with lower density, is not accurate.

Keywords: Satellite Images of Landsat 8, FCD Model, Forest Canopy Density, Ilam, Bivareh Forests

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1394.3.5.7.5]