

## تخمین تراکم تاج پوشش جنگل با استفاده از داده‌های ماهواره ای\* خسرو میرآخورلو<sup>۱</sup> و منوچهر امانی<sup>۱</sup>

### چکیده

در این بررسی امکان استفاده از داده‌های سنجنده + ETM ماهواره لندست ۷ برای تهیه نقشه تراکم تاج پوشش در چهار طبقه، ۸۱-۱۰۰٪، ۵۱-۸۰٪، ۳۱-۵۰٪ و ۳۰-۵٪ در چهار منطقه از جنگلهای شمال کشور مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. با بهره‌گیری از شاخص OIF و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در باندها و با توجه به اینکه باندهای ۳ و ۴ لندست برای تشخیص پوشش گیاهی مناسب می‌باشند ترکیب رنگی کاذب ۳، ۴، ۵ و ۲، ۳، ۴ برای طبقه بندی نظارت نشده در نظر گرفته شد. از نقشه حاصل از این طبقه بندی به عنوان راهنما جهت بازدید و برداشت مشاهدات صحرایی استفاده شد. هر یک از مناطق با شدت آماربرداری یک درصد، به ترتیب دارای ۷۲، ۳۴۸۱، ۹۵ قطعه نمونه ۲۲۵۰ متر مربعی به ابعاد ۱۵۰×۱۵۰ متر بودند که بعد از تعیین موقعیت آنها اطلاعات مربوط به درصد تاج پوشش و سایر اطلاعات مورد نیاز از آنها برداشت شد. نقشه‌های نهایی تراکم تاج پوشش با بکارگیری اطلاعات ثبت شده از قطعات نمونه و مشاهدات میدانی با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده استخراج شدند.

ارزیابی نقشه‌های درصد تراکم تاج پوشش نشان داد که صحت کلی نقشه درصد تاج پوشش استخراج شده از داده‌های ماهواره ای ۸۵/۴۳٪، متوسط صحت تولید کننده ۸۴/۷٪ و متوسط صحت کاربر ۸۲/۶۸٪ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تاج پوشش، طبقه بندی، جنگلهای شمال، داده‌های ماهواره ای، ارزیابی صحت

---

\* این مقاله از طرح تحقیقاتی شماره ۰۷-۰۹۰۹۱۱۷۹۰۳۱۰۷۹-۷۹ مصوب موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع استخراج شده است.

۱ - اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، پست الکترونیک: [mirakhorlo@rifr-ac.ir](mailto:mirakhorlo@rifr-ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۸۴/۷/۱۲

تاریخ دریافت: ۸۴/۲/۱۳

### مقدمه

جنگلهای شمال به لحاظ اهمیت خاص آن از نظر زیست محیطی و منحصر به فرد بودن آن به عنوان تنها جنگل طبیعی پهن برگ باقی مانده از دوران سوم زمین شناسی، نیازمند برنامه ریزی جامع می‌باشد. داده‌های ماهواره‌ای یکی از منابع مهم تهیه اطلاعات برای نیل به این هدف است. استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای و تلفیق آنها با داده‌های زمینی می‌تواند اطلاعات دقیق و بهتری را برای تصمیم‌گیریهای چند جانبه که عوامل مختلفی در آنها دخالت دارند، فراهم نماید. در صورت اثبات امکان تهیه نقشه‌های موضوعی از جمله نقشه تراکم تاج پوشش، با استفاده از این داده‌ها می‌توان اطلاعات مربوط به جنگلهای شمال را به طور دائم و پیوسته به هنگام کرد و خروجی مورد نیاز از آنها تهیه نمود.

تغییرات قابل توجه در حاشیه‌های بالادست و پایین دست جنگلهای شمال کشور که توسط دامداران، کشاورزان و مردم شهرها و روستاهای حاشیه جنگل و نیز از داخل جنگل توسط جنگل نشینان، اجرای طرحهای عمرانی (برق، گاز، معدن، جاده و غیره) و تبدیلهای و تجاوزات مختلف باعث کاهش تراکم تاج پوشش جنگل شده است. نقشه‌های موضوعی موجود از جنگلهای شمال یا بسیار قدیمی است و یا به لحاظ تهیه این نقشه‌ها با روشهای قدیمی از دقت خوبی برخوردار نیستند، بنابراین تهیه نقشه‌های موضوعی دقیق و به هنگام برای جنگلهای شمال نیازی مبرم و یکی از ابزارهای مهم برای مطالعات مربوط به اکولوژی، احیا، اصلاح و مدیریت مدیریت جنگل می‌باشد.

مهمترین هدف این بررسی، امکان تهیه نقشه تراکم تاج پوشش جنگل از داده‌های

سنجنده ETM+<sup>1</sup> ماهواره لندست ۷ می‌باشد.

<sup>1</sup> - Enhanced Thematic Mapper

در رابطه با موضوع بررسی، تحقیقات مختلفی در سایر کشورها انجام شده است که در ادامه به مهمترین آنها اشاره شده است.

Miataka و Rikimarus (۱۹۹۷) شاخص‌های  $AVI^1$ ،  $BI^2$ ،  $SI^3$  و  $TI^4$  تهیه شده از داده‌های ماهواره لندست ۵ سنجنده TM را برای تهیه نقشه تراکم تاج پوشش جنگل و اراضی بدون پوشش جنگلهای ایسلند، لوزن فیلیپین، سوماترا اندونزی، جنگلهای نیمه حاره‌ای چین، مایی تایلند و برای نیپال استفاده کردند. صحت ارزیابی شده در مورد جنگلهای سوماترا اندونزی ۹۲٪ بوده است.

Yousef (۱۹۹۹) در مقاله خود کاربرد داده‌های ماهواره‌ای را در مدیریت پایدار جنگلهای توصیه کرده و برای تهیه نقشه‌های جوامع جنگلی، تخمین موجودی توده‌های جنگلی، بررسی‌های کمی و کیفی جوامع جنگلی و به هنگام کردن اطلاعات مورد نیاز برای مدیریت پایدار جنگلهای، داده‌های ماهواره‌ای را مناسب تشخیص داده و استفاده از آن را توصیه نموده است.

Xueqian (۱۹۹۹) با ترکیب باندهای مختلف داده‌های ماهواره لندست ۵ TM استان هینان چین گزینه‌های متفاوتی را برای ترکیب  $RGB^5$  بدست آورد. که از بین آنها ترکیبهای ۷۴۳(RGB) و ۴۵۳(RGB) را به عنوان بهترین ترکیب به لحاظ داشتن اپتیمم مقدار انعکاس امواج الکترومغناطیسی از جنگلهای این منطقه معرفی کرد.

Nathnil و همکاران (۲۰۰۳) در منطقه‌ای از واشنگتن دی سی آمریکا با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ درصد تراکم تاج پوشش جنگل را با

1- AVI: Advance Vegetation Index (B1~B7: TM Band 1~7 data)

2 - BI: Bare soil Index,  $BI = ((B5+B3) - B4 + B1) / ((B5+B3) + (B4+B1)) \times 100 + 100$  ;  $0 < BI < 200$

3 - SI: Shadow Index,  $SI = ((256 - B1) * (256 - B2) * (256 - b3))^{1/3}$

4 - TI: Thermal Index (infrared band of TM data)

5- RGB: Red, Green, Blue

خطای  $\pm 8/4$  تخمین زدند و ضریب همبستگی داده‌ها را در این تحقیق ۹۰ تا ۹۳ درصد گزارش کردند.

Dadhi و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ در کشور نپال تراکم تاج پوشش دو منطقه تحت مدیریت دولتی و تعاونی را در ۱۱ طبقه تفکیک نمود، سپس مدیریتهای مختلف جنگل را از نظر کمی و کیفی مقایسه کرد.

## مواد و روشها

### موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

این مطالعات در چهار منطقه از جنگلهای شمال کشور به شرح زیر انجام شد:

- شرق سپید رود منطقه بین دامنه غربی کوه درفک و رستم آباد استان گیلان واقع در  $36^{\circ}48'36''N$  تا  $58^{\circ}01'N$  عرض شمالی و  $49^{\circ}44'E$  تا  $49^{\circ}44'E$  طول شرقی .

- منطقه دودانگه از شهرستان ساری استان مازندران واقع در  $36^{\circ}08'11''N$  تا  $36^{\circ}15'32''N$  عرض شمالی و  $58^{\circ}10'33''E$  تا  $53^{\circ}19'33''E$  طول شرقی

- منطقه آلاشت از شهرستان سوادکوه استان مازندران واقع در  $36^{\circ}02'25''N$  تا  $36^{\circ}08'25''N$  عرض شمالی و  $52^{\circ}45'57''E$  تا  $52^{\circ}52'11''E$  طول شرقی

- منطقه دامنه‌های مشرف به شهرستان مینودشت استان گلستان واقع در  $36^{\circ}07'45''N$  تا  $36^{\circ}07'45''N$  عرض شمالی و

$55^{\circ}19'20''E$  تا  $55^{\circ}30'50''E$  طول شرقی

این تحقیق در چهار مرحله اصلی به شرح زیر انجام شده است:

۱- تهیه داده‌های ماهواره‌ای و جمع آوری اطلاعات مربوط به مطالعات انجام شده در جنگلهای شمال کشور.

### ۱-۱- نوع و مشخصات داده‌های ماهواره‌ای بکار گرفته شده در طرح

داده‌های تهیه شده شامل سه فریم به شماره‌های (۱۶۲-۰۳۴، ۱۶۳-۰۳۵، ۱۶۶-۰۳۴) از ماهواره لندست ۷ با سنجنده ETM+ و زمان اخذ آنها به ترتیب ۲۰ جولای، ۲۲ آوریل و ۳۰ ژوئیه سال ۲۰۰۰ میلادی بودند.

### ۲-۱- ابزارها و نرم افزارهای مورد استفاده در تحقیق

دستگاه GPS<sup>۱</sup>، نرم افزارهای ERDAS Imagine 8.3.1 نرم افزار تخصصی پردازش و تفسیر تصاویر رقومی ماهواره 3.1<sup>۲</sup> LWIS، Microsatation 95 جهت استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و نرم افزار Arcveiw GIS 3.2a.

### ۲- پردازش و تفسیر داده‌های ماهواره‌ای

بر اساس درخواست، بیشتر پردازشهای اولیه لازم از قبیل تصحیح‌های زمینی و رادیو متری بر روی همه باندهای تصاویر خریداری شده انجام گرفته بود. داده‌های Landsat7 ETM+ با فرمت Geo TIFF تهیه شده است که در محیط نرم-افزار ERDAS وارد سیستم شدند.

بعد از این عمل بر روی هر ۳ فریم مراحل زیر به ترتیب انجام گردید:

### ۲-۱- جدا کردن چهار منطقه مورد مطالعه از فریم‌های مربوطه

به منظور انجام مراحل بعدی و کم کردن حجم فایلها با استفاده از دستور subset در نرم افزار مناطق انتخاب شده در سه فریم تفکیک شدند.

<sup>۱</sup> - GPS: Global Positioning System

<sup>۲</sup> - ILWIS: Integrated Land and Water Information System

## ۲-۲- انتخاب بهترین باندها جهت ایجاد تصاویر رنگی کاذب<sup>۱</sup>

در بسیاری از منابع داخلی و خارجی استفاده شده در این طرح از جمله (شتایی جویباری، ۱۳۷۵)، (میرآخورلو، ۱۳۸۲)، (Rikimarus & Miatka, 1997)، (Chris & Nicki, 1997)، (Petra *et al.*, 1997)، (Raymond & Petra 2001) برای انتخاب بهترین ترکیب باندها، جهت طبقه بندی عوارض و پدیده‌های زمین، از محاسبه همبستگی آماری میان تمامی باندهای اصلی استفاده شده است. بعد از محاسبه باندهایی که کمترین همبستگی را باهم داشته باشند می‌توانند در ترکیب سه تایی باندها وارد شوند. بر اساس جدول شماره ۱ کمترین همبستگی بین باندهای ۳ و ۴ مشاهده گردید.

جدول شماره ۱ - کمترین همبستگی مشاهده شده میان باندها در ۳ فریم استفاده شده در طرح

شماره فریم	باندها	کمترین همبستگی
162-034	B3 , B4	0.84
163-035	B3 , B4	0.78
166-034	B3 , B4	0.86

برای بدست آوردن اطلاعات آماری کل تصویر می‌توانیم با محاسبه شاخص OIF<sup>۲</sup> بهترین ترکیب سه باندهای RGB را از میان سایر ترکیبهای سه تایی بدست آوریم (Petra, 1997). OIF یک ارزش یا یک عدد آماری است که از آن برای پیدا کردن مناسب ترین ترکیب سه باندهای RGB استفاده می‌شود. بر اساس این شاخص بهترین ترکیب سه تایی باندها ترکیبی است که بیشترین ارزش عددی (انحراف معیار) یا بیشترین اطلاعات

<sup>۱</sup> - Color Composite

<sup>۲</sup> - Optimum Index Factor

را از پدیده‌ها یا عوارض زمین با توجه به هدف ما داشته باشد (Raymond & Petra, 2001).

جدول شماره ۲- تعیین شاخص OIF برای انتخاب بهترین ترکیب سه بانندی.

شماره فریم	ترکیب بانندی	شاخص OIF	ترکیب انتخاب شده (RGB)
162-034	1: b3 b4 b5	24.47	b3 b4 b5
	2: b4 b5 b7	24.31	
	3: b1 b4 b5	23.41	
	4: b2 b4 b5	23.02	
	5: b3 b4 b7	22.53	
	6: b1 b3 b4	22.07	
163-035	2: b3 b4 b5	38.52	b3 b4 b5
	1: b4 b5 b7	38.40	
	3: b3 b4 b7	36.06	
	4: b1 b4 b5	35.45	
	5: b2 b4 b5	35.20	
	6: b1 b4 b7	34.31	
166-034	2: b3 b4 b5	44.09	b3 b4 b5
	1: b1 b4 b5	42.60	
	3: b4 b5 b7	42.05	
	4: b2 b4 b5	41.57	
	5: b1 b3 b4	39.77	
	6: b1 b4 b7	39.54	

### ۲-۳- تهیه نقشه مقدماتی به روش نظارت نشده<sup>۱</sup>

با توجه به نتایج جدول شماره ۲ ترکیب (RGB) ۳، ۴، ۵ برای طبقه بندی نظارت نشده انتخاب گردید. با این روش نقشه مقدماتی تهیه شد که به عنوان راهنما جهت بازدید و برداشت مشاهدات صحرایی مورد استفاده قرار گرفت. تهیه نقشه مقدماتی به روش نظارت نشده طی پنج مرحله زیر برای چهار منطقه انتخاب شده از سه فریم داده‌های ماهواره‌ای در محدوده جنگلهای شمال به شرح زیر انجام پذیرفت:

استفاده از الگوریتم ISODATA

ارزیابی و اصلاح تعداد و محدوده

<sup>۱</sup>- Unsupervised Classification

طبقه بندی تصویر

شناسایی جدا شده

ارزیابی طبقه بندی

ISODATA یکی از الگوریتم‌های طبقه بندی نظارت نشده می‌باشد که برای طبقه بندی گستره طیفی باندها، بسیار موفق عمل میکند و بر اساس سه مشخصه به شرح زیر اجرا می‌شود (Swain, 1973):

الف- بیشترین تعداد طبقه شناخته شده در گستره طیفی

ب- بیشترین در صد پیکسلهایی که در تکرار طبقه بندی تغییر نمی کنند (آستانه پوشش)

ج- بیشترین تکرار برای طبقه بندی پیکسلها

### ۳- تهیه نقشه واقعیت زمینی

نقشه مقدماتی در ۴ طبقه درصد تاج پوشش (۱۰۰٪-۸۱٪ ، ۸۰٪-۵۱٪ ، ۵۰٪-۳۱٪ و ۳۰٪-۵) که در بازدید اولیه از فراوانترین طبقات مشاهده شده در مناطق مورد مطالعه بودند، تهیه گردید که از این نقشه به عنوان راهنما جهت بازدید و برداشت مشاهدات صحرائی مورد استفاده قرار گرفت. برداشت اطلاعات از قطعات نمونه با استفاده از روش آمار برداری سیستماتیک با نقطه شروع تصادفی با شدت آماربرداری ۱٪ انجام شد.

### ۳-۱- شکل، اندازه و تعداد نمونه‌های برداشت شده

فاصله قطعات نمونه بر اساس شدت آماربرداری ۱٪ در شبکه آماربرداری طراحی شده برای عملیات میدانی ۱۵۰۰ متر بود. این قطعات به شکل مربع و دارای ابعاد ۱۵۰×۱۵۰ متر، منطبق با ۲۵ پیکسل ۳۰×۳۰ متر در تصاویر ماهواره‌ای بودند.



اطلاعات موقعیت مکانی یکی از گوشه‌های قطعات نمونه که از قبل بر حسب سیستم تصویر UTM<sup>۱</sup> از روی تصویر استخراج شده بود، به وسیله GPS در جنگل شناسایی شد و سپس نسبت به برداشت اطلاعات درصد تاج پوشش بر اساس تخمین تصویر افقی تاج درختان موجود در قطعه نمونه بر روی زمین اقدام گردید. به همین ترتیب ۲۸۰ قطعه نمونه در چهار منطقه مورد بررسی قرار می‌گرفت که از آن به عنوان قطعات نمونه‌ای واقعیت زمینی مورد استفاده قرار گرفت.

#### ۴- تهیه نقشه نهایی با بکارگیری اطلاعات صحرایی و اطلاعات موجود

برای تهیه نقشه نهایی از روش طبقه بندی نظارت شده<sup>۲</sup> استفاده شد. این روش بر اطلاعات زمینی و دانش قبلی مفسر از منطقه استوار است و بسیار قابل کنترل تر از روش طبقه بندی نظارت نشده می‌باشد که طی مراحل زیر انجام گرفت:

#### ۴-۱- انتخاب نوع و تعداد طبقات

این امر با توجه به هدف اولیه طرح که مشخص کردن طبقات اصلی تراکم تاج پوشش بود. همچنین با مد نظر قرار دادن اطلاعات حاصل از برداشتها و بازدیدهای صحرایی، محدوده طرح در چهار طبقه (۱۰۰٪-۸۱٪، ۸۰٪-۵۱٪، ۵۰٪-۳۱٪ و ۳۰٪-۵) انتخاب گردید.

#### ۴-۲- انتخاب نمونه‌های آموزشی (TS<sup>۳</sup>)

نمونه‌های آموزشی مجموعه پیکسلهایی هستند که آنها را به عنوان نمونه‌ای کامل و یا با شباهت زیاد به آن طبقه مورد نظر تشخیص داده ایم (Robert, 1987). این

<sup>۱</sup>- Universal Transfer Mercator

<sup>۲</sup>- Supervised Classification

<sup>۳</sup>- Training Sample

نمونه‌ها براساس اطلاعات واقعیت زمینی که از طریق برداشتها و مشاهدات صحرایی بدست آمده بود بر روی ترکیب بانندی ۳، ۴، ۵ تمام فریمهای مربوط به محدوده طرح طی مراحل زیر انتخاب شدند:

#### ۴-۳- تعداد نمونه‌های آموزشی و پراکنش آنها

بر اساس خواص طیفی انتخاب شده (محدوده تغییرات ارزش عددی پیکسلها) در این طرح و سطح اراضی جنگلی موجود در هر فریم از تصاویر ماهواره ای، تعداد پیکسلهای هر نمونه آموزشی و همچنین تعداد نمونه‌های آموزشی در هر فریم متفاوت بود. تعداد پیکسلهای انتخاب شده و مؤلفه‌های آماری نمونه‌های آموزشی در مناطق مورد مطالعه در جدول شماره ۳ آمده است. برای بدست آوردن مؤلفه‌های آماری مربوط به هر طبقه حداقل به حدود ۱۰۰ پیکسل در هر طبقه نیاز است (Robert, 1987). بنابر این هرچه تعداد نمونه‌های آموزشی بیشتر و توزیع و پراکنش آنها در سطح منطقه طرح یکنواخت- تر باشد در برگزیده خصوصیات طیفی بهتری از آن طبقه خواهد بود.

جدول شماره ۳ - تعداد پیکسل‌های انتخاب شده و مؤلفه‌های آماری نمونه‌های آموزشی در مناطق مورد مطالعه

منطقه	تراکم تاج پوشش	باند	میانگین ارزش (پیکسل)	انحراف معیار (پیکسل)	مجموع پیکسلها
	۳۰-۵ %	۳	۶۶/۳	۳/۵	۱۱۶
		۴	۵۶/۸	۳/۰	۱۱۶
		۵	۸۷/۲	۲/۶	۱۱۶
شرق سپیدرود	۵۰-۳۱ %	۳	۶۲/۷	۱/۸	۱۲۰
		۴	۴۹/۸	۱/۵	۱۲۰
		۵	۱۲۹/۳	۲/۳	۱۲۰
	۸۰-۵۱ %	۳	۵۷/۷	۱/۹	۱۵۵
		۴	۴۵/۸	۱/۷	۱۵۵
		۵	۱۰۴/۴	۲/۱	۱۵۵
	۱۰۰-۸۱ %	۳	۵۴/۸	۵۴/۸	۱۵۷
		۴	۴۳/۳	۴۳/۳	۱۵۷
		۵	۸۵/۵	۸۵/۵	۱۵۷
	۳۰-۵ %	۳	۷۸/۶	۱/۷	۱۲۳
		۴	۷۰/۲	۲/۷	۱۲۳
		۵	۱۱۶/۵	۳/۳	۱۲۳
	۵۰-۳۱ %	۳	۶۹/۶	۲/۹	۱۱۵
		۴	۵۵/۸	۳/۳	۱۱۵
		۵	۳۸/۳	۳/۳	۱۱۵
دودانگه	۸۰-۵۱ %	۳	۶۵/۸	۱/۳	۱۴۸
		۴	۴۷/۹	۱/۲	۱۴۸
		۵	۱۱۴/۵	۲/۸	۱۴۸
	۱۰۰-۸۱ %	۳	۵۹/۱	۱/۵	۱۲۷
		۴	۴۹/۲	۱/۸	۱۲۷
		۵	۶۹/۹	۲/۵	۱۲۷
	۳۰-۵ %	۳	۶۷/۶	۱/۶	۱۱۷
		۴	۵۸/۵	۲/۴	۱۱۷
		۵	۸۲/۸	۲/۴	۱۱۷
	۵۰-۳۱ %	۳	۶/۴	۱/۱	۱۲۹
		۴	۴۴/۸	۱/۴	۱۲۹
		۵	۱۱۷/۱	۲/۶	۱۲۹
آلاشت	۸۰-۵۱ %	۳	۶۱/۹	۱/۴	۱۱۳
		۴	۵۱/۲	۲/۴	۱۱۳
		۵	۷۱/۵	۲/۲	۱۱۳
	۱۰۰-۸۱ %	۳	۵۸/۹	۱/۴	۱۲۲
		۴	۴۴/۹	۱/۵	۱۲۲
		۵	۸۸/۸	۳/۰	۱۲۲

ادامه جدول شماره ۳-

۱۲۸	۱/۷	۴۳/۵	۳		
۱۲۸	۲/۸	۴۰/۰	۴	۳۰-۵ %	
۱۲۸	۲/۶	۹۶/۱	۵		
۱۲۵	۲/۶	۳۹/۵	۳		مینودشت
۱۲۵	۲/۳	۲۹/۵	۴	۵۰-۳۱ %	
۱۲۵	۲/۸	۱۲۸/۲	۵		
۱۱۱	۱/۴	۳۵/۵	۳		
۱۱۱	۱/۲	۲۶/۳	۴	۸۰-۵۱ %	
۱۱۱	۲/۱	۱۱۰/۵	۵		
۲۲۲	۰/۹	۳۱/۹	۳		
۲۲۲	۰/۹	۲۳/۹	۴	۱۰۰-۸۱ %	
۲۲۲	۲/۸	۸۰/۹	۵		

#### ۴-۴- طبقه بندی داده‌های رقومی

در این طرح از ترکیب رنگی کاذب (RGB) ۳، ۴، ۵ برای طبقه بندی نظارت شده با الگوریتم بیشترین احتمال<sup>۱</sup> که بسیار متداول می‌باشد و توسط سایر محققان نیز توصیه شده است، استفاده گردید. این الگوریتم پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها در هر طبقه، میانگین داده‌ها را محاسبه می‌کند، بعد پیکسل‌های طبقه بندی نشده را در طبقه‌ای قرار می‌دهد که با حداکثر احتمال به آن طبقه تعلق دارد (Lillesand *et al.*, 2004).

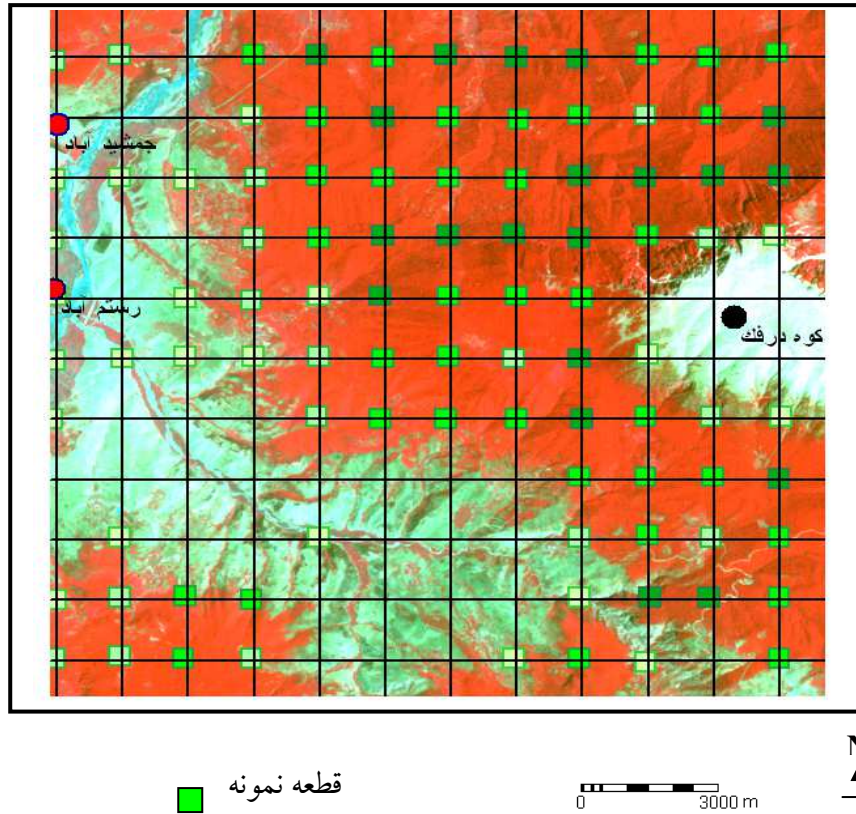
#### ۴-۵- ارزیابی صحت طبقه بندی

بعد از انجام مرحله طبقه بندی به منظور اطمینان از صحت نقشه‌های بدست آمده، ارزیابی صحت آنها امری ضروری می‌باشد. ارزیابی صحت نتایج طبقه بندی با استفاده از نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای تراکم تاج پوشش تهیه شده از طریق عملیات صحرایی انجام گرفت. موقعیت نمونه‌های واقعیت زمینی منطقه شرق سپیدرود گیلان

<sup>۱</sup>- Maximum Likelihood

در شکل شماره ۱ و نتایج حاصل از ارزیابی صحت هر منطقه در جداول شماره ۴، ۵، ۶ و ۷ آمده است.

با استفاده از همین روش نقشه‌های استخراج شده برای ارزیابی صحت نقشه درصد تاج پوشش چهار منطقه به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت:  
شرق سپید رود منطقه بین دامنه غربی کوه درفک و رستم آباد در استان گیلان واقع در  $36^{\circ}48'36''N$  تا  $36^{\circ}58'01''N$ ،  $36^{\circ}$  عرض شمالی و  $49^{\circ}32'29''E$  تا  $49^{\circ}44'44''E$ ،  $49^{\circ}$  طول شرقی .



شکل شماره ۱- موقعیت قطعات نمونه برداشت اطلاعات صحرائی درصد تاج پوشش در منطقه شرق سپیدرود گیلان

- ۲- منطقه دودانگه از شهرستان ساری استان مازندران واقع در  $36^{\circ} 8' 11'' N$  تا  $36^{\circ} 15' 32'' N$  عرض شمالی و  $58^{\circ} 10' 33'' E$  تا  $53^{\circ} 19' 33'' E$  طول شرقی منطقه آلاشت از شهرستان سوادکوه استان مازندران واقع در  $36^{\circ} 02' 25'' N$  تا  $36^{\circ} 08' 25'' N$  عرض شمالی و  $52^{\circ} 57' 57'' E$  تا  $52^{\circ} 52' 11'' E$  طول شرقی
- ۴- منطقه دامنه‌های مشرف به شهرستان مینودشت از استان گلستان واقع در  $36^{\circ} 05' 10'' N$  تا  $37^{\circ} 06' 45'' N$  عرض شمالی و  $55^{\circ} 19' 20'' E$  تا  $55^{\circ} 30' 50'' E$  طول شرقی
- هر یک از مناطق ذکر شده به ترتیب دارای ۹۵، ۷۲، ۳۴، ۸۱، ۱۵۰×۱۵۰ متر مربعی بودند که بعد از تعیین موقعیت آنها اطلاعات مربوط به درصد تاج پوشش از قطعات نمونه برداشت شد و برای ارزیابی صحت نقشه محدوده مربوطه استفاده گردید.

## نتایج

بر اساس اطلاعات استخراج شده از داده‌های ماهواره لندست ۷ با سنجنده ETM+ مربوط به ماههای ژوئن و ژوئیه سال ۲۰۰۰ میلادی و اطلاعات برداشت شده از قطعات نمونه نقشه‌های تراکم تاج پوشش در چهار منطقه از جنگلهای شمال کشور استخراج شد. قابلیت اطمینان و صحت نقشه‌ها به شرح زیر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت:

### شرق سپید رود منطقه بین دامنه غربی کوه درفک و رستم آباد در استان گیلان

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه تحلیل آماری اطلاعات برداشت شده از جنگلهای منطقه، صحت کلی نقشه ۸۵٪ متوسط صحت تولید کننده ۸۳/۵٪ و متوسط صحت کاربر ۸۳٪ می‌باشد. طبق جدول شماره ۴ صحت تولید کننده در طبقات درصد تاج پوشش ۱۰۰-۸۱٪، ۸۰-۵۱٪، ۵۰-۳۱٪ و ۳۰-۵٪ به ترتیب ۸۵٪، ۸۸٪، ۸۰٪ و ۸۱٪ ارزیابی گردید که کمترین صحت با ۸۰٪ مربوط به طبقه درصد تاج پوشش ۳۱-۵۰٪

و بالاترین صحت، با ۸۸٪ مربوط به طبقه ۵۱-۸۰٪ می‌باشد. همچنین صحت کاربر طبقات درصد تاج پوشش فوق به ترتیب ۹۰٪، ۸۸٪، ۸۳٪ و ۷۱٪ ارزیابی گردید که کمترین آن با ۷۱٪ مربوط به طبقه درصد تاج پوشش ۳۰٪ - ۵ و بالاترین صحت، با ۹۰٪ مربوط به طبقه ۸۱-۱۰۰٪ می‌باشد.

نقشه استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای این منطقه در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.

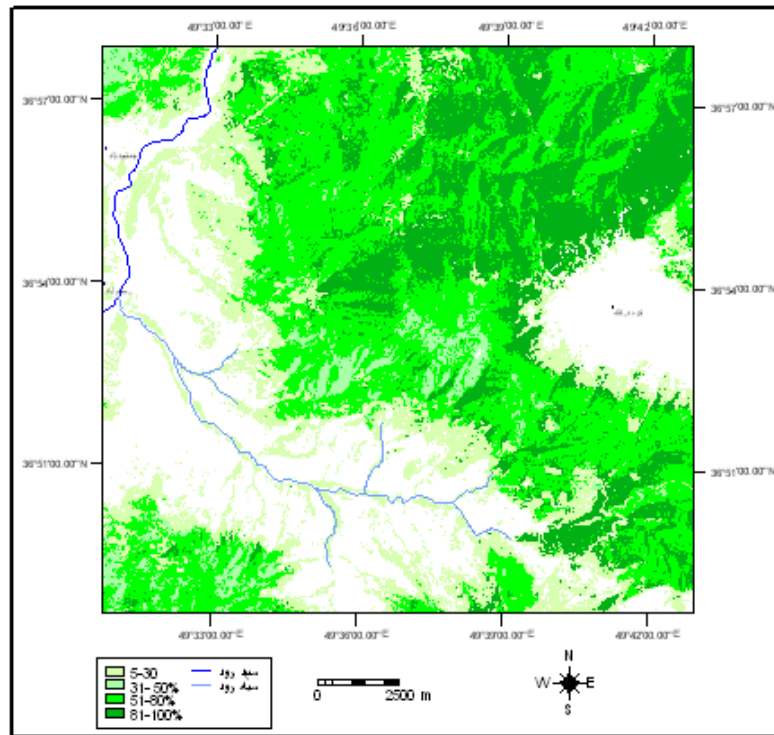
جدول شماره ۴- ارزیابی صحت نقشه در صد تاج پوشش منطقه شرق سپید رود استان

## گیلان

نقشه طبقه بندی شده	نقشه واقعیت زمینی				
	۸۱-۱۰۰٪	۵۱-۸۰٪	۳۱-۵۰٪	۵-۳۰٪	جمع
۸۱-۱۰۰٪	۴۴۷	۷۷	۰	۰	۵۲۴
۵۱-۸۰٪	۴۰	۷۹۴	۳۱	۳۳	۸۹۸
۳۱-۵۰٪	۰	۱۸	۳۳۳	۶۵	۴۱۶
۵-۳۰٪	۷	۱۱	۳۶	۲۴۲	۲۹۶
صحت کاربر <sup>۲</sup>	۹۰٪	۸۸٪	۸۳٪	۷۱٪	۲۱۳۴
صحت تولید کننده <sup>۱</sup>	۸۱-۱۰۰٪	۵۱-۸۰٪	۳۱-۵۰٪	۵-۳۰٪	جمع
۸۱-۱۰۰٪	۴۴۷	۷۷	۰	۰	۵۲۴
۵۱-۸۰٪	۴۰	۷۹۴	۳۱	۳۳	۸۹۸
۳۱-۵۰٪	۰	۱۸	۳۳۳	۶۵	۴۱۶
۵-۳۰٪	۷	۱۱	۳۶	۲۴۲	۲۹۶
صحت کاربر <sup>۲</sup>	۹۰٪	۸۸٪	۸۳٪	۷۱٪	۲۱۳۴
صحت تولید کننده <sup>۱</sup>	۸۱-۱۰۰٪	۵۱-۸۰٪	۳۱-۵۰٪	۵-۳۰٪	جمع
۸۱-۱۰۰٪	۴۴۷	۷۷	۰	۰	۵۲۴
۵۱-۸۰٪	۴۰	۷۹۴	۳۱	۳۳	۸۹۸
۳۱-۵۰٪	۰	۱۸	۳۳۳	۶۵	۴۱۶
۵-۳۰٪	۷	۱۱	۳۶	۲۴۲	۲۹۶
صحت کاربر <sup>۲</sup>	۹۰٪	۸۸٪	۸۳٪	۷۱٪	۲۱۳۴

<sup>۱</sup>- Producer's Accuracy

<sup>۲</sup>- User's Accuracy



شکل شماره ۲- نقشه درصد تاج پوشش منطقه شرق سید رود استان گیلان

#### منطقه دو دانگه شهرستان ساری در استان مازندران

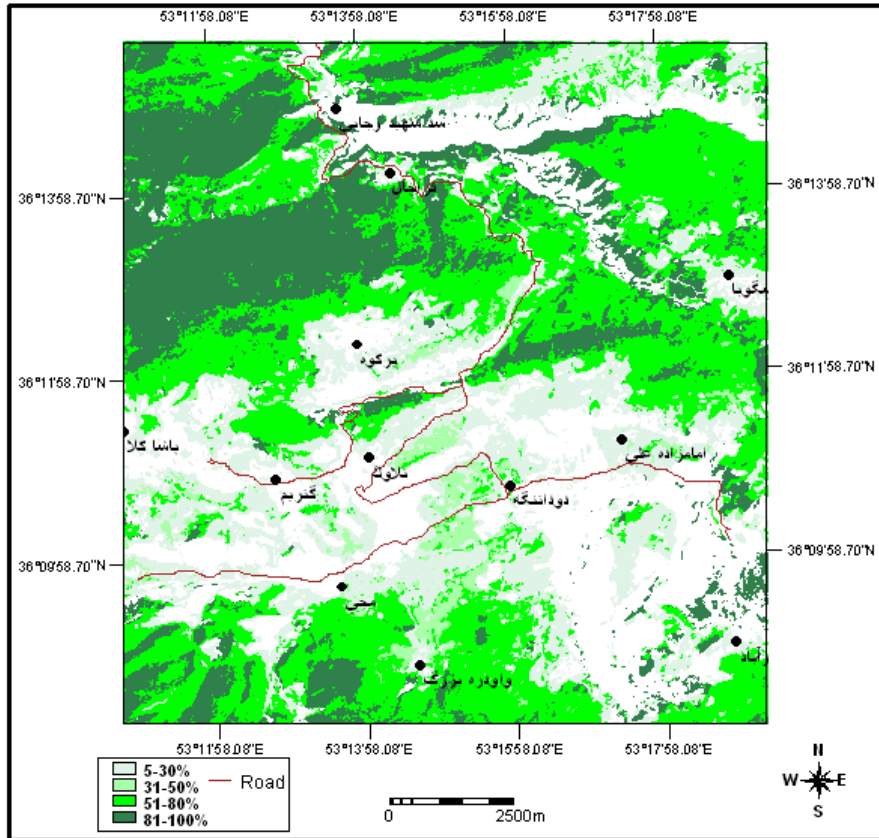
براساس نتایج حاصل از تجزیه تحلیل آماری اطلاعات برداشت شده از جنگلهای منطقه، صحت کلی نقشه  $86/54\%$ ، متوسط صحت تولید کننده  $86/25\%$  و متوسط صحت کاربر  $82/75\%$  می‌باشد. طبق جدول شماره ۵ صحت تولید کننده در درصد تاج پوشش  $81-100\%$ ،  $51-80\%$ ،  $31-50\%$  و  $5-30\%$  به ترتیب  $83\%$ ،  $89\%$ ،  $89\%$  و  $84\%$  ارزیابی گردید. کمترین صحت با  $83\%$  مربوط به طبقه درصد تاج پوشش  $81-100\%$  و بالاترین صحت، با  $89\%$  مربوط به  $51-80\%$  و  $31-50\%$  تاج پوشش



می‌باشد. همچنین صحت کاربر فوق به ترتیب ۹۳٪، ۸۹٪، ۷۸٪ و ۷۱٪ ارزیابی گردید که کمترین آن با ۷۱٪ اطمینان مربوط به طبقه درصد تاج پوشش ۳۰-۵ و بالاترین صحت، با ۹۳٪ مربوط به طبقه ۱۰۰-۸۱ می‌باشد. نقشه استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای این منطقه در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

جدول شماره ۵- ارزیابی صحت نقشه درصد تاج پوشش منطقه دودانگه شهرستان ساری

نقشه طبقه بندی شده	نقشه واقعیت زمینی					
	۸۱-۱۰۰٪	۵۱-۸۰٪	۳۱-۵۰٪	۵-۳۰٪	جمع	صحت تولید کننده
۸۱-۱۰۰٪	۳۶۶	۶۷	۰	۶	۴۳۹	۸۳٪
۵۱-۸۰٪	۲۷	۶۰۲	۲۵	۲۵	۶۷۹	۸۹٪
۳۱-۵۰٪	۰	۰	۱۵۶	۲۰	۱۷۶	۸۹٪
۵-۳۰٪	۰	۵	۱۹	۱۲۴	۱۴۸	۸۴٪
صحت کاربر	۹۳٪	۸۹٪	۷۸٪	۷۱٪	۱۴۴۲	۸۶/۵۴٪



شکل شماره ۳- نقشه درصد تاج پوشش منطقه دودانکه شهرستان ساری

#### منطقه آلاشت، شهرستان سواد کوه استان مازندران

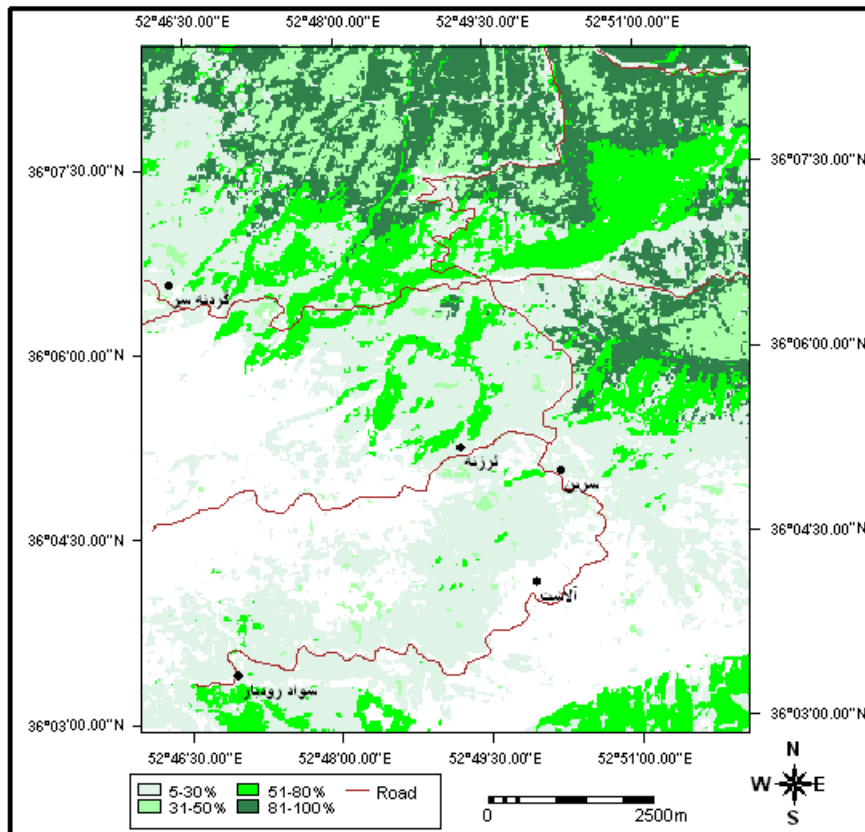
براساس نتایج حاصل از تجزیه تحلیل آماری اطلاعات برداشت شده از جنگلهای منطقه، صحت کلی نقشه ۸۱/۵۸٪، متوسط صحت تولید کننده ۷۹/۵٪ و متوسط صحت کاربر ۸۰/۵٪ می‌باشد. طبق جدول ۶ صحت تولید کننده در طبقات درصد تاج پوشش ۵-۳۰٪، ۳۱-۵۰٪، ۵۱-۸۰٪، ۸۱-۱۰۰٪، به ترتیب ۹۳٪، ۸۷٪، ۵۸٪ و ۸۰٪ ارزیابی

گردید که کمترین صحت با ۵۸٪ مربوط به طبقه درصد تاج پوشش ۳۱-۵۰٪ و بالاترین صحت، با ۹۳٪ مربوط به طبقه ۸۱-۱۰۰٪ درصد تاج پوشش می‌باشد. همچنین صحت کاربر طبقات درصد تاج پوشش فوق به ترتیب ۸۸٪، ۸۶٪، ۷۵٪ و ۷۳٪ ارزیابی گردید که کمترین آن با ۷۳٪ اطمینان مربوط به طبقه درصد تاج پوشش ۳۰-۵٪ و بالاترین صحت، با ۸۸٪ مربوط به طبقه ۸۱-۱۰۰٪ می‌باشد. نقشه استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای این منطقه در شکل شماره ۴ نشان داده شده است.

#### جدول شماره ۶- ارزیابی صحت نقشه درصد تاج پوشش جنگل در منطقه آلاشت

##### شهرستان سوادکوه

صحت تولید کننده	جمع	نقشه طبقه بندی شده				نقشه واقعیت زمینی
		۵-۳۰٪	۳۱-۵۰٪	۵۱-۸۰٪	۸۱-۱۰۰٪	
۹۳٪	۱۸۸	۰	۶	۷	۱۷۵	۸۱-۱۰۰٪
۸۷٪	۲۲۱	۱۵	۸	۱۹۲	۶	۵۱-۸۰٪
۵۸٪	۱۳۰	۳۶	۷۵	۰	۱۹	۳۱-۵۰٪
۸۰٪	۱۷۲	۱۳۸	۱۱	۲۳	۰	۵-۳۰٪
صحت کلی ۸۱/۵۸٪	۷۱۱	۷۳٪	۷۵٪	۸۶٪	۸۸٪	صحت کاربر



شکل شماره ۴- نقشه درصد تاج پوشش جنگل در منطقه آلاشت شهرستان سوادکوه

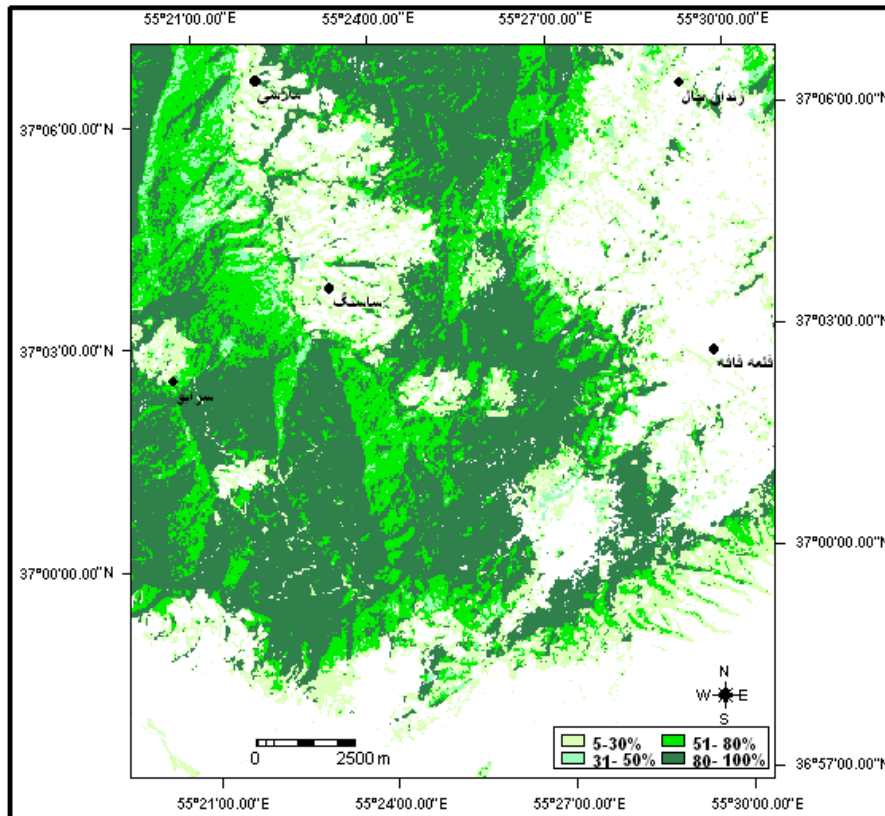
#### منطقه دامنه‌های مشرف به شهرستان مینودشت استان گلستان

براساس نتایج حاصل از تجزیه تحلیل آماری اطلاعات برداشت شده از جنگلهای منطقه، صحت کلی نقشه ۸۲/۵۰٪، متوسط صحت تولید کننده ۸۲/۷۵٪ و متوسط صحت کاربر ۷۹/۵۰٪ می‌باشد. طبق جدول ۷ صحت تولید کننده در طبقات درصد تاج پوشش ۱۰۰-۸۱٪، ۸۰-۵۱٪، ۵۰-۳۱٪ و ۳۰-۵٪ به ترتیب ۸۸٪، ۷۳٪، ۹۳٪ و ۷۷٪

ارزیابی گردید که کمترین صحت با ۷۳٪ مربوط به طبقه درصد تاج پوشش ۵۱-۸۰٪ و بالاترین صحت، با ۹۳٪ مربوط به طبقه، ۳۱-۵۰٪ تاج پوشش می‌باشد. همچنین صحت کاربر طبقه بندی درصد تاج پوشش فوق به ترتیب ۸۸٪، ۸۴٪، ۷۶٪ و ۷۰٪ ارزیابی گردید که کمترین آن با ۷۰٪ اطمینان مربوط به طبقه درصد تاج پوشش ۳۰-۳۰٪ و بالاترین صحت، با ۸۸٪ مربوط به طبقه ۸۱-۱۰۰٪ می‌باشد. نقشه استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای این منطقه در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.

جدول شماره ۷- ارزیابی صحت نقشه درصد تاج پوشش جنگل دامنه‌های مشرف به شهرستان مینودشت استان گلستان

نقشه طبقه بندی شده						نقشه واقعیت زمینی
۸۱-۱۰۰٪	۵۱-۸۰٪	۳۱-۵۰٪	۵-۳۰٪	جمع	صحت تولید کننده	
۶۱۵	۶۶	۰	۲۱	۷۰۲	۸۸٪	۸۱-۱۰۰٪
۸۳	۴۴۳	۵۰	۲۹	۶۰۵	۷۳٪	۵۱-۸۰٪
۰	۱۵	۲۷۲	۶	۲۹۳	۹۳٪	۳۱-۵۰٪
۱	۱	۳۸	۱۳۳	۱۷۳	۷۷٪	۵-۳۰٪
صحت کاربر	۸۸٪	۸۴٪	۷۶٪	۷۰٪	۱۷۷۳	صحت کلی ٪۸۲/۵۰



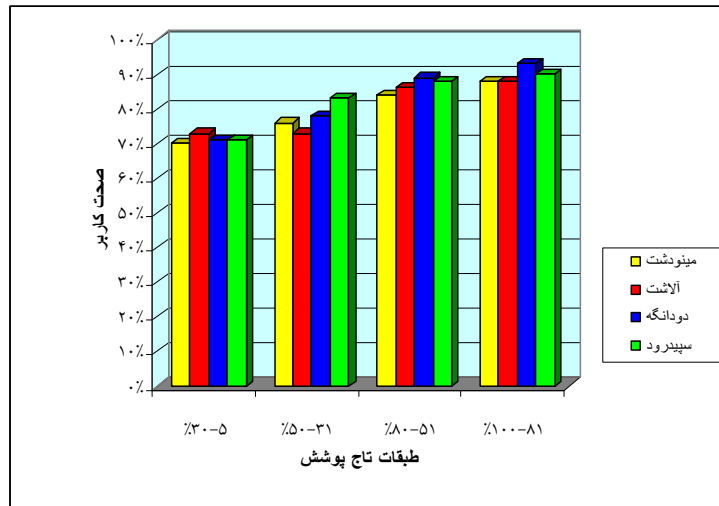
شکل شماره ۵- نقشه درصد تاج پوشش جنگل دامنه‌های مشرف به شهرستان مینودشت استان گلستان

نتایج حاصل از تجزیه تحلیل آماری اطلاعات برداشت شده از جنگلهای چهار منطقه ذکر شده، صحت کلی نقشه درصد تاج پوشش استخراج شده از داده‌های ماهواره‌ای را  $0.85/43$ ، متوسط صحت تولید کننده  $0.84/7$  و متوسط صحت کاربر  $0.82/68$  نشان می‌دهد. طبق جدول شماره ۸ صحت تولید کننده در طبقات درصد تاج پوشش  $0.81-1.00$ ،  $0.51-0.80$ ،  $0.31-0.50$  و  $0.05-0.30$  به ترتیب  $0.89/70$ ،  $0.84/45$ ،

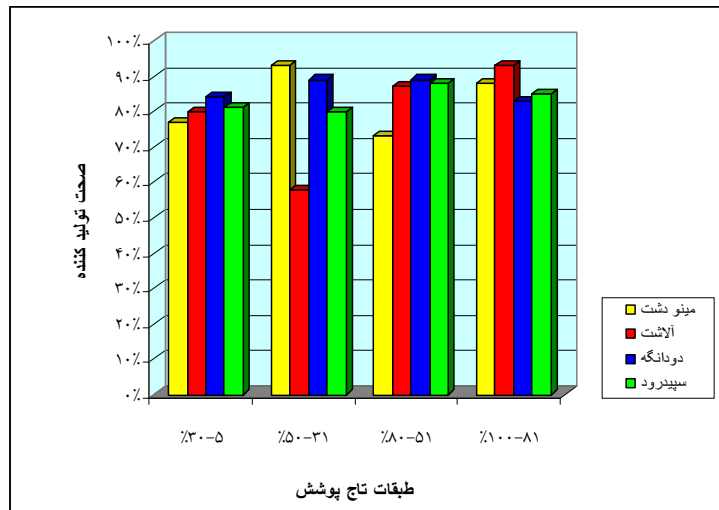
۸۳/۹۰٪ و ۸۰/۷۵٪ ارزیابی گردید که کمترین صحت با ۸۰/۷۵٪ به طبقه درصد تاج پوشش، ۳۰٪-۵ و بالاترین صحت، با ۸۹/۷٪ مربوط به طبقه ۱۰۰٪-۸۱ تاج پوشش می‌باشد. همچنین صحت کاربر طبقه‌بندی درصد تاج پوشش فوق به ترتیب ۹۰/۶۰٪، ۹۰/۰۰٪، ۷۸/۸۰٪ و ۷۱/۳۳٪ ارزیابی گردید که کمترین آن با ۷۱/۳۳٪ اطمینان مربوط به طبقه درصد تاج پوشش ۳۰٪-۵ و بالاترین صحت، با ۹۰/۶۰٪ مربوط به طبقه ۱۰۰٪-۸۱ می‌باشد. نمودار میله‌ای صحت کاربر و صحت طبقه‌بندی درصد تاج پوشش از داده‌های ماهواره‌ای در چهار منطقه انتخاب شده به ترتیب در شکل‌های شماره ۶ و ۷ آمده است.

جدول شماره ۸- ارزیابی صحت نقشه درصد تاج پوشش جنگل ۴ منطقه از جنگلهای شمال کشور

نقشه طبقه بندی شده	نقشه واقعیت زمینی					
	۸۱-۱۰۰٪	۵۱-۸۰٪	۳۱-۵۰٪	۵-۳۰٪	جمع	صحت تولید کننده
۸۱-۱۰۰٪	۱۶۰۱	۱۵۱	۶	۲۷	۱۷۸۵	۸۹/۷۰٪
۵۱-۸۰٪	۱۵۸	۲۰۳۱	۱۱۴	۱۰۲	۲۴۰۵	۸۴/۴۵٪
۳۱-۵۰٪	۰	۳۳	۸۳۶	۱۲۷	۹۹۶	۸۳/۹٪
۵-۳۰٪	۸	۴۰	۱۰۴	۶۳۷	۷۸۹	۸۰/۷۵٪
صحت کاربر	۹۰/۶٪	۹۰٪	۷۸/۸٪	۷۱/۳۳٪	۵۹۷۵	صحت کلی ۸۵/۴۳٪



شکل شماره ۶- نمودار صحت کاربر طبقه بندی طبقات تاج پوشش جنگل در چهار منطقه از جنگلهای شمال کشور



شکل شماره ۷- نمودار صحت تولید کننده طبقات تاج پوشش جنگل در ۴ منطقه از جنگلهای شمال کشور



## بحث

نتایج حاصل از تجزیه تحلیل آماری داده‌های ماهواره‌ای و اطلاعات برداشت شده از چهار منطقه جنگلهای شمال کشور، صحت کلی نقشه درصد تاج پوشش استخراج شده را  $84/45\%$ ، متوسط صحت تولید کننده را  $83/05\%$  و متوسط صحت کاربر طبقه بندی را  $81/56\%$  نشان می‌دهد. صحت کاربر طبقات درصد تاج پوشش  $81-100\%$ ،  $51-80\%$ ،  $31-50\%$  و  $5-30\%$  به ترتیب  $90\%$ ،  $86/75\%$ ،  $78\%$  و  $71/25\%$  ارزیابی گردید که کمترین آن با  $73\%$  صحت مربوط به طبقه درصد تاج پوشش  $5-30\%$  و بالاترین صحت، با  $89\%$  مربوط به طبقه  $81-100\%$  می‌باشد.

پایین تر بودن صحت کاربر در طبقات درصد تاج پوشش  $31-50\%$  و  $5-30\%$  نسبت به طبقات  $81-100\%$ ،  $51-80\%$  بنا به دلایل زیر قابل توجیه می‌باشد:

- جنگلهای انبوه به لحاظ داشتن تاج پوشش متراکم و تقریباً یکنواخت به خصوص در باندهای ۳ و ۴ داده‌های ماهواره Landsat7 ETM+ دارای ارزش پیکسلهای تقریباً مشابه و با تغییرات کم هستند. به همین دلیل انحراف معیار نمونه‌های آموزشی در طبقات  $81-100\%$ ،  $51-80\%$  بسیار پایین تر از طبقات  $31-50\%$  و  $5-30\%$  می‌باشد. بنابراین با صحت بیشتری طبقه بندی می‌شوند.

جنگلهای نیمه انبوه (طبقات تاج پوشش  $31-50\%$  و  $5-30\%$ ) به لحاظ داشتن تراکم تاج پوشش کمتر از جنگلهای انبوه و تاثیر عوارض و پدیده‌های کف جنگل بر رفتار طیفی داده‌های ماهواره‌ای دارای ارزش پیکسل کم و بیش متفاوتی هستند. به همین دلیل جنگلهای نیمه انبوه با داشتن میانگین ارزش پیکسل بیشتر و انحراف معیار بالاتر نسبت به جنگلهای انبوه که یکنواختی و تجانس بهتر و انحراف معیار پایین تری در نمونه‌های آموزشی دارند و نسبت به طبقات تاج پوشش  $81-100\%$  و  $51-80\%$  با صحت کاربر کمتری طبقه بندی می‌شوند.

- صحت کاربر طبقات تاج پوشش %۱۰۰-۸۱ ، %۸۰-۵۱ ، %۵۰-۳۱ و %۳۰-۵ به ترتیب %۹۰ ، %۸۶/۷۵ ، %۷۸ و %۷۱/۲۵ ارزیابی شد. ملاحظه می‌شود که صحت کاربر در طبقات مختلف با کم شدن درصد تاج پوشش کم می‌شود که ارتباط مستقیم با مقدار سبزینه گیاه و انعکاس امواج الکترومغناطیسی از تاج پوشش و ثبت آن بوسیله سنجنده ETM+ در باندهای ۳ و ۴ تصاویر ماهواره لندست دارد.

Miataka و Rikimarus (۱۹۹۷) نقشه تهیه شده تراکم تاج پوشش جنگل و اراضی بدون پوشش جنگلهای ایسلند، لوزن فیلیپین، سوماترا اندونزی، جنگلهای نیمه حاره‌ای چین، مایی تایلند و ترای نیپال از داده‌های ماهواره سنجنده TM لندست ۵ را ارزیابی نمودند که بالاترین صحت ارزیابی شده در مورد جنگلهای سوماترا اندونزی %۹۲ بوده است. این مقدار در مقایسه با طبقه تاج پوشش %۱۰۰-۸۱ که دارای صحت %۹۰ می‌باشد اختلاف چندانی ندارد. شایان ذکر است که جنگلهای نیمه حاره‌ای سوماترا اندونزی جزء جنگلهای انبوه محسوب می‌شوند و قابل مقایسه با مناطق انبوه جنگلهای شمال کشور از نظر تراکم تاج پوشش می‌باشند.

نتایج ارزیابی صحت درصد تراکم تاج پوشش جنگل توسط Nathnil و همکاران (۲۰۰۳) در منطقه‌ای از واشنگتن دی سی آمریکا با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۹۰ تا %۹۳ گزارش شده است. این مقدار به ارزیابی صحت طبقه تاج پوشش %۱۰۰-۸۱ که دارای صحت %۹۰ می‌باشد بسیار نزدیک است.

### پیشنهادها

- در صورت موجود بودن عکسهای هوایی به هنگام با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰، استفاده از آنها به عنوان اطلاعات واقعیت زمینی و نمونه‌های آموزشی برای تفکیک تراکم تاج پوشش بسیار مناسب می‌باشد و توصیه می‌گردد.

در این طرح فقط از روش طبقه‌بندی نظارت شده و نظارت نشده برای تفسیر داده‌های ماهواره Landsat7 ETM+ استفاده شد. توصیه می‌شود که از روشهای دیگر نظیر اندیکسهای معروف گیاهی (NDVI)<sup>۱</sup> و تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal Components Analysis) که روشی برای فشرده کردن اطلاعات تمام باندهای یک ماهواره است در طرحهای مشابه استفاده شود.

- تهیه نقشه‌های موضوعی از داده‌های ماهواره Landsat7 ETM+ با مقیاسهای کمتر از ۱:۵۰۰۰۰۰ به دلیل قدرت تفکیک مکانی کم (۳۰ متر) صحت مناسب ندارد و توصیه نمی‌شود.

- اجرای طرحهای مشابه به منظور تهیه نقشه‌های به هنگام جنگلهای بلوط غرب کشور و همچنین جنگلهای گرمسیری جنوب، ضروری به نظر می‌رسد و اجرای آن پیشنهاد می‌گردد.

---

<sup>۱</sup>- Normalized Difference Vegetation Index

### منابع مورد استفاده

- شتایی جویباری، ش.، ۱۳۷۵. تهیه نقشه جنگل به کمک تصاویر ماهواره‌ای به روش رقومی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۴۸ صفحه.
- میرآخورلو، خ.، ۱۳۸۲. تهیه نقشه کاربری اراضی در محدوده جنگلهای شمال کشور با استفاده از داده‌های ماهواره Landsat7 ETM+. فصل نامه پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۱ (۲): ۳۲۵-۳۵۸.
- Chris, S. and Nicki, B., 1997. Erdas Field Guide. Chapter 1 & Chapter 6. Erdas, Inc. 4<sup>th</sup> Edition, Atlanta, Gorgia , 656p.
  - Congalton, R. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed data. Remote Sensing of Environment, Vol. 37: 35-46p.
  - Dadhi, L. K., Yousif, A. H. and Martien, G., 2004. Assessing the effects of different forest management regimes on forest condition in Chitwan, Nepal, using satellite remotely sensing data and forest canopy density mapper. Remote Sensing applications, 25<sup>th</sup> ACRS 2004 Chian Mai, Thailand. 6 p.
  - Lillesand, T. M., Kieffer R. W. and Chipman, J.W. 2004. Remote sensing and Image Interpretation. 5<sup>th</sup> Edition, New York: John Wiley & Sons, 763 p.
  - Nathnil, D. H., Geerygory, K. and David C., 2003. Mapping impervious surfaces and forest canopy using classification and regression tree (CART) analysis. ASPRS 2003 Annual Conference Proceedings, May 2003, Anchorage, Alaska. 8p.
  - Petra, B., Remo, D., Haas, A. and Raymand, N., 1997. ILWIS 2.1 Reference Guide. ILWIS department, ITC, Enschede, The Netherlands, 485p.
  - Raymond, N. and Petra, B., 2001. ILWIS 3.0 Academic, User's Guide. ILWIS department, ITC, Enschede, The Netherlands, 520p.
  - Rikimarus A., Miataka S., 1997. Development of Forest Canopy Density Mapping and Monitoring Model Using Indices of Vegetation, Bare soil and Shadow. Hosei University, Tokyo, Japan, 8p.

- 
- Robert, A. S., 1987. Techniques for Image Processing and Classification. Remote Sensing University of Arizona, Academic Press, New York, 387p.
  - Swain, P. H., 1973. Pattern Recognition: A Basis for Remote Sensing Data Analysis (LARAS Information Note 111572). West Lafayette, Indiana. The laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University 134 p.
  - Xueqiau, L., 1999. Researches on Monitoring by Remote sensing the Tropical Forests in Hainan Island China. Meteorological Bureau of Hainan Provincial, China, 5p.
  - Yousef, A. H., 1999. Remote Sensing Applications for Sustainable management of Forests. ITC, Enschede, The Netherlands, 6p.