



سجش از دور

و

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران / سال چهارم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۱  
Iranian Remote Sensing & GIS / Vol.4, No.2, Summer 2012

۶۳-۷۴

## تشخیص گونه‌های درختی با تصاویر هوایی رقومی به روش شیء - پایه در جنگل‌های شمال ایران (مطالعه موردی: چمستان، نور)

امید رفیعیان\*<sup>۱</sup>، علی اصغر درویش‌صفت<sup>۲</sup>، ساسان بابایی کفاکی<sup>۳</sup>، اسداله متاجی<sup>۴</sup>

۱. استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مهندسی محیط زیست

۲. استاد، دانشگاه تهران، گروه جنگلداری، کرج

۳. استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه جنگلداری، تهران

۴. دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه جنگلداری، تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۵/۲۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۶/۴

### چکیده

شناسایی گونه‌های درختی نیازمند تفکیک تیپ‌های جنگلی است. داده‌های دورسنجی و به‌ویژه تصاویر هوایی رقومی با توان تفکیک مکانی و رادیومتری بالا، ابزار مناسبی برای این کار به شمار می‌آیند. هدف از این تحقیق ارزیابی قابلیت این تصاویر برای تشخیص گونه‌های درختی به روش طبقه‌بندی شیء - پایه در جنگل‌های طبیعی آمیخته است. این بررسی در دو قطعه کوچک از جنگل‌های جلگه‌ای شمال کشور انجام شد. پس از ارزیابی کیفیت تصاویر و تصحیح هندسی آنها، عملیات پیش‌پردازش و تولید تصاویر تبدیلی به اجرا درآمد. فرایند طبقه‌بندی در قالب چندتفکیکی انجام گرفت و به صورت کیفی ارزیابی شد. در ادامه عمل طبقه‌بندی با استفاده از توابع عضویت چندبعدی و به روش نزدیک‌ترین همسایه استاندارد و تشکیل شبکه سلسله‌مراتبی انجام پذیرفت. در نهایت نقشه نوع گونه‌های درختی به‌دست‌آمده به صورت کمی ارزیابی گردید و نمونه‌های تعلیمی و نقشه واقعیت زمینی به روش میدانی تهیه شدند. ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی نشان‌دهنده صحت کلی بیش از ۷۰ درصد و ضریب کاپای ۰/۴۶ و ۰/۵ در این دو منطقه بود. گونه‌های درختی اصلی، مقادیر متفاوتی از صحت را در دو منطقه ارائه کردند. داده‌های ارتفاعی دقیق می‌تواند در بهبود نتایج طبقه‌بندی در چنین مطالعاتی بسیار مؤثر و کارآمد باشد.

**کلیدواژه‌ها:** UltraCamD، طبقه‌بندی شیء - پایه، تشخیص گونه‌های درختی، جنگل‌های شمال، توابع عضویت.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، بولوار اشرفی اصفهانی، خیابان باهنر، خیابان گلزار ۹، ساختمان کاملیا، واحد ۱۱۲، تلفن: ۰۹۱۲۶۳۸۸۹۶۸

## ۱- مقدمه

اطلاعات مختلف از جنگل، ضروری است. (فرزانه، ۱۳۸۱) وجود این داده‌ها را از جنگل‌های شمال اعلام کرد و به معرفی آنها پرداخت. انجام پژوهش‌های معدودی با استفاده از این تصاویر در جنگل‌های ایران گزارش شده است. در تحقیق (سهرابی، ۱۳۸۶) قابلیت این داده‌ها برای برآورد مشخصه‌های کمی جنگل به روش بصری آزمون شد. (رفیعیان و همکاران، ۱۳۸۶) به بررسی کیفی و قابلیت‌های این داده‌ها از جنگل‌های شمال پرداختند. در تحقیق (درویش صفت و همکاران، ۱۳۸۷) قابلیت این تصاویر در تشخیص گونه‌های درختی به روش شیء - پایه در جنگل‌کاری همسال آمیخته بررسی شده است. تحقیق حاضر در ادامه سلسله تحقیقات صورت گرفته و به منظور ارزیابی قابلیت تصاویر یادشده در ساختارها و حالت‌های مختلف جنگلی انجام شده است. هدف از این بررسی امکان تشخیص گونه‌های درختی اصلی به روش طبقه‌بندی شیء - پایه در جنگلی طبیعی و جلگه‌ای در شمال ایران است.

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- منطقه تحقیق

این تحقیق در دو منطقه نسبتاً مسطح ۱۳ هکتاری از دو فریم تصویر هوایی مجزا واقع در چمستان شهرستان نور انجام شد (شکل ۱-الف). مناطق مذکور دربرگیرنده توده‌های جنگلی طبیعی آمیخته و یک اشکوبه و مسن‌اند که جزو جنگل‌های جلگه‌ای شمال (با ارتفاع حدود ۲۰۰ متر از سطح دریا) محسوب می‌شوند. در منطقه ۱ در شمال و غرب، درختان بلند مازو توده‌های نسبتاً خالصی را تشکیل داده‌اند و به سمت جنوب آمیختگی بیشتر می‌شود (شکل ۱-ب). در منطقه ۲ با درختان بسیار تنومند و کهنسال، آمیختگی همگن است و تقریباً در تمام سطح منطقه ترکیب گونه‌ها و فراوانی آنها نسبت به هم یکسان است (شکل ۱-ج).

درختان و گیاهان تشکیل‌دهنده جنگل به گونه‌ای در کنار هم گرد آمده‌اند که اجتماع معنی‌داری را شکل می‌دهند. تعیین و تفکیک این واحدهای همگن تحت عنوان تیپ‌بندی جنگل از مهم‌ترین نیازهای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح جنگل‌ها به شمار می‌رود. غالب بودن گونه‌ها در توده جنگلی از رایج‌ترین و مهم‌ترین مشخصه‌های تفکیک تیپ‌های جنگلی است. داده‌های دورسنجی بزرگ مقیاس به‌ویژه دوربین‌های هوایی رقومی و چندطیفی از ابزارهای مؤثر و مفید در شناسایی گونه‌های درختی و تیپ‌بندی جنگل براساس آن‌اند (Sohrabi, 2009, Ali et al., 2008, Hirschmugl et al., 2007, Millette & Hayward, 2004, Ozdemir et al., 2008). اما کاهش اندازه پیکسل‌ها در چنین داده‌هایی موجب تغییرات طیفی درون طبقه‌ای و افزایش تفاوت طیفی پیکسل‌های داخل طبقه و در نهایت موجب کاهش تفکیک‌پذیری طبقات در روش‌های طبقه‌بندی پیکسل - پایه می‌گردد (Schiewe, 2002, Baltasvias, et al., 2007). بنابراین، بدین دلیل که تک‌پیکسل‌های طبقه‌بندی شده از پیکسل‌های مجاور خود مستقل و متفاوت‌اند، حالت فلفل - نمکی<sup>۱</sup> در نتایج طبقه‌بندی ظاهر می‌شود (Baatz & U Schape, 1999). از سوی دیگر، در این نوع تصاویر که اندازه پیکسل‌هایشان از بسیاری از پدیده‌ها کوچک‌تر است و امکان به‌دست آوردن اطلاعات ترکیبی از آنها وجود دارد، روش شیء - پایه از بُعد نظری و عملی منطقی‌تر است. در این روش طبقه‌بندی، ابتدا تصویر به قطعات همگنی تقسیم می‌شوند و سپس قطعات مذکور به جای پیکسل‌ها طبقه‌بندی می‌گردند (Baatz & Schape, 1999, Benz et al., 2004, ) (Definiens Imaging, 2006).

در سال‌های اخیر تصاویری با دوربین UltraCamD از جنگل‌های کشور برداشت شده که به دلیل ناشناخته بودن، چندان مورد استفاده قرار نگرفته است؛ و به همین خاطر معرفی و ارزیابی قابلیت آنها برای استخراج

1. Salt-pepper Effect

تشخیص گونه‌های درختی با تصاویر هوایی رقومی به روش شیء - پایه در جنگل‌های شمال ایران (مطالعه موردی: چمستان، نور)

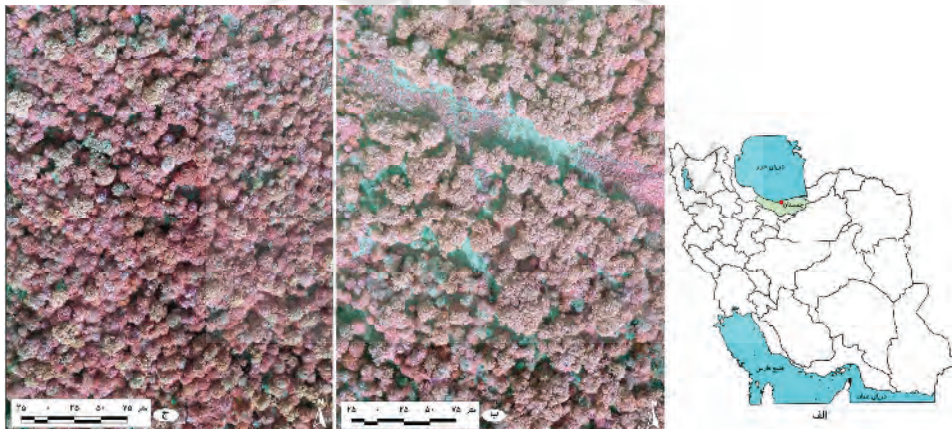
دو فریم مجزا انتخاب شدند (شکل ۱).

**۲-۳ - تصحیح هندسی و پیش‌پردازش تصویر**  
داده‌های این دوربین قابلیت زمین‌مرجع کردن مستقیم را با استفاده از GPS و IMU<sup>۱</sup> دارند. در این تحقیق به منظور تصحیح هندسی دقیق‌تر تصاویر، علاوه بر شاخص‌های توجیه خارجی، از ۶ نقطه کنترل زمینی برگرفته به وسیله DGPS نیز در فرایند مثلث‌بندی هوایی استفاده شد. به دلیل فقدان داده‌های ارتفاعی دقیق از منطقه و کیفیت پایین DSM منتج از تصاویر زوج و با توجه به اینکه منطقه مسطح بوده است و خطای جابه‌جایی ناشی از پستی و بلندی در آن بسیار ناچیز، تنها از یک ارتفاع متوسط مستخرج از داده‌های GPS و نقشه‌های توپوگرافی استفاده شد. تصحیح هندسی در محیط نرم‌افزار LPS<sup>۲</sup> انجام گرفت. علاوه بر باندهای طیفی اصلی، تصاویر پردازش‌شده مانند NDVI<sup>۳</sup> (IR-R/IR+R) و HIS<sup>۴</sup> و PCA<sup>۵</sup> براساس چهار باند طیفی موجود ایجاد شدند و به کار رفتند.

گونه‌های اصلی و غالب هر دو منطقه، عبارت‌اند از بلندمازو و ممرز و انجیلی؛ و اغلب تاج‌ها در یک سطح‌اند و در زیر آنها پوشش درختی یا درختچه‌ای چندانی وجود ندارد.

## ۲-۲- داده‌ها

تصاویر UltraCamD در چهار باند طیفی (آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک) به صورت ادغام‌شده با باند پانکروماتیک (سطح تصحیحات ۳) به صورت ۱۶ بیتی (دامنه ارزش‌های طیفی ۰-۶۵۵۳۵) دریافت شدند. البته توان تفکیک رادیومتری واقعی آنها بهتر از ۱۲ بیت (دامنه ارزش‌های طیفی ۰-۷۰۰۰) بوده است. تاریخ تصویربرداری ۲۵ مهرماه ۱۳۸۷ بوده و هر تصویر در قالب یک فایل با فرمت Tif و در چهار لایه دریافت شده است. ارتفاع پرواز از سطح ارتفاع متوسط منطقه ۸۰۰ متر، مقیاس اسمی تصاویر ۱:۸۰۰۰ و اندازه زمینی پیکسل ۷ سانتی‌متر بوده است. هر فریم می‌تواند منطقه‌ای به ابعاد تقریبی ۵۵۰ × ۸۰۰ متر را پوشش دهد. دو پنجره با ابعاد ۳۲۵ × ۴۰۰ متر از بخش مرکزی



شکل ۱- الف) موقعیت منطقه تحقیق در ایران، ب) تصویر هوایی مناطق تحقیق با ترکیب رنگی (RGB) ۴۳۲: دکل و خط انتقال نیرو در شمال منطقه ۱ مشهود است؛ و ج) تصویر تاج‌های بزرگ با رنگ‌های متنوع، نشان‌دهنده آمیختگی همگن درختان در منطقه ۲ است.

1. Inertial Measurement Unit
2. Leica Photogrammetry Suite
3. Normalized Difference Vegetation Index
4. Hue, Intensity and Saturation Transformation
5. Principle Component Analysis

## ۲-۴- قطعه‌بندی<sup>۱</sup>

قطعه‌بندی فرایند یکپارچه‌سازی پیکسل‌ها براساس همگنی قطعات یا پدیده‌های تصویری<sup>۲</sup> است و به‌وسیله سه شاخص رنگ / شکل، فشردگی / همواری<sup>۳</sup> و مقیاس کنترل می‌شود<sup>۴</sup> (Benz et al., 2004). مجموع ضرایب وزنی رنگ و شکل برابر با یک در نظر گرفته می‌شود. اهمیت دادن زیاد به رنگ (که ناشی از بازتاب است)، بدون در نظر گرفتن شاخص شکل، باعث کاهش کیفیت قطعه‌بندی در حد خوشه‌بندی ساده می‌شود و به ایجاد قطعاتی دنداندار و ناهموار می‌انجامد، زیرا تنها از نظر طیفی، همگن بودن تنها ملاک مرزبندی تصویر خواهد بود. در مقابل، تأکید زیاد بر شکل می‌تواند تأثیری منفی بر همگنی طیفی بگذارد و منجر به تشکیل پلی‌گون‌های بی‌ارتباط با مرز پدیده‌های مورد نظر شود (Baatz & Schape, 1999). از آنجا که شاخص شکل، خود بر مبنای ارزش‌های رقومی قطعات (رنگ) محاسبه می‌شود، استراتژی کلی در زمینه یادشده این است که اهمیت دادن به رنگ تا حد ممکن زیاد باشد و اهمیت دادن به شکل تا حد لزوم زیاد باشد (Definiens Imaging, 2006). شاخص مقیاس در واقع کمیت بدون واحد است که حداکثر ناهمگنی ممکن را برای هر قطعه تعیین می‌کند. در واقع حد آستانه‌ای

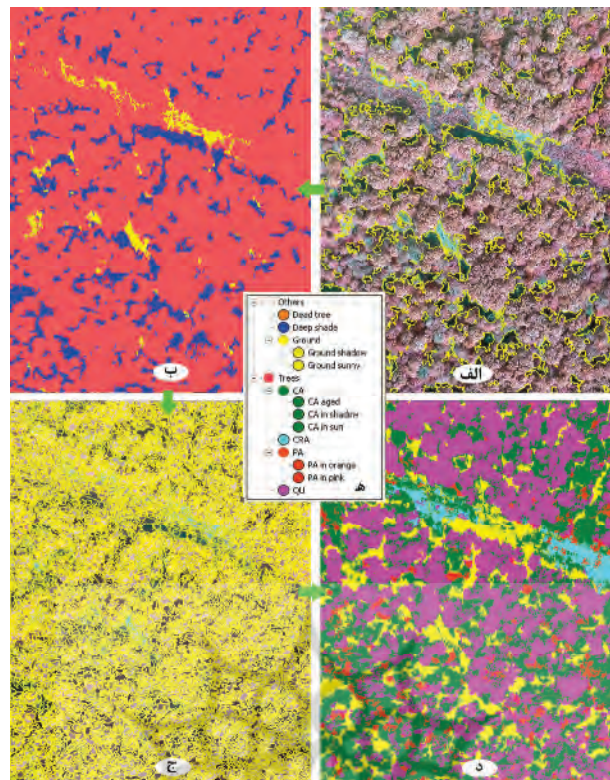
است که کاربر تعریف می‌کند و با تغییر آن می‌توان اندازه قطعات را تغییر داد (Laliberte et al., 2007). اصل کلی در این زمینه این است که قطعات باید تا حد امکان بزرگ باشند و در عین حال مناطق متفاوت را از هم تفکیک کنند. همچنین ایجاد سلسله‌مراتب در قطعه‌بندی به‌وسیله شاخص مقیاس امکان‌پذیر است که در آن سطوح مختلفی از قطعات ایجاد می‌شوند. در این سلسله‌مراتب، قطعات کوچک‌تر همواره محاط در قطعات سطوح بالاترند. بر این اساس در منطقه مذکور یک قطعه‌بندی برای تفکیک طبقات کلی‌تر (طبقات والد<sup>۵</sup>) به کار رفت و یک قطعه‌بندی فرعی برای طبقه‌بندی طبقات جزئی‌تر (طبقات وارث<sup>۶</sup>) (شکل ۲). با در نظر گرفتن موارد ذکرشده، حالت‌های مختلف قطعه‌بندی (ترکیب‌های باندی مختلف، ضرایب وزنی متفاوت باندها و شاخص‌های مختلف قطعه‌بندی) با آگاهی لازم و به صورت هدفمند و بهره‌گیری از نتایج دیگر محققین مورد آزمون واقع شدند. مطلوب‌ترین قطعه‌بندی با مقادیر شاخص‌های مندرج در جدول ۱ به دست آمد که در آن بیشتر قطعات همگن‌اند و تنها نماینده تاج یک طبقه خاص است. در این تحقیق، علاوه بر باندهای اصلی، تصاویر پردازش‌شده NDVI و PCA نیز در قطعه‌بندی شرکت داده شدند.

جدول ۱. شاخص‌های نهایی در نظر گرفته شده و باندهای ورودی برای قطعه‌بندی در مناطق مطالعاتی

		وزن باندهای ورودی به قطعه‌بندی										ضرایب شاخص‌های قطعه‌بندی				منطقه		
PCA2-4B	PCA1-4B	PCA2-3B	PCA1-3B	DSM	S	I	H	NDVI	b4	b3	b2	b1	مقیاس	همواری	فشردگی	شکل	رنگ	
۲	-	۲	۱	-	-	-	-	۲	۱	۱	۱	۱	۱۳۰۰	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۶	۱
۱	-	۲	۱	-	-	-	-	۲	۱	۱	۱	۱	۱۶۰۰	۰/۵	۰/۵	۰/۳	۰/۷	۲
NDVI		شاخص نرمال‌شده تفاضلی پوشش گیاهی										باندهای طیفی اصلی دوربین رقومی						
PCA1-3b		مولفه اول حاصل از تبدیل مولفه‌های اصلی باندهای ۱،۲،۳										H				باند Hue از فرایند تبدیل فضای رنگ		
PCA2-3b		مولفه دوم حاصل از تبدیل مولفه‌های اصلی باندهای ۱،۲،۳										I				باند Intensity از فرایند تبدیل فضای رنگ		
PCA1-4b		مولفه اول حاصل از تبدیل مولفه‌های اصلی باندهای ۴،۱،۲،۳										S				باند Saturation از فرایند تبدیل فضای رنگ		
PCA2-4b		مولفه دوم حاصل از تبدیل مولفه‌های اصلی باندهای ۴،۱،۲،۳										DSM				مدل رقومی پدیده‌های سطح زمین		

1. Segmentation
2. Image objects
3. Compactness/Simoothness
4. Scale parameter
5. Parent class
6. Child class

تشخیص گونه‌های درختی با تصاویر هوایی رقومی به روش شیء - پایه در جنگل‌های شمال ایران (مطالعه موردی: چمستان، نور)



QU	بلندمازو	PA in pink	انجیلی به رنگ صورتی	PA	انجیلی
CA	ممرز	PA in orange	انجیلی به رنگ نارنجی	CRA	زالالک
CA aged	ممرز مسن	Ground	سطح زمین	Others	سایر
CA in sun	ممرز در نور	Ground sunny	سطح زمین در نور	Dead Tree	خشکه‌دار
CA in shadow	ممرز در سایه	Ground shadow	سطح زمین در سایه	Deep Shade	سایه کامل

شکل ۲. مراحل قطعه‌بندی و طبقه‌بندی سلسله‌مراتبی در منطقه ۱: قطعات یکپارچه‌شده بر اساس طبقات کلی (الف)، طبقه‌بندی در سطح طبقات والد (ب)، قطعه‌بندی مجدد در سطح طبقات وارث (ج)، طبقه‌بندی در سطح طبقات وارث (د) و سلسله‌مراتب وراثتی طبقات (ه).

ترتیب با توصیف‌گرهای Ratio باند ۱ و Mean باند ۴ به روش تابع عضویت، از بقیه پدیده‌ها جدا شدند و در نهایت در زیرمجموعه طبقه دیگر (خشکه‌دارها، سایه کامل و سطح زمین فاقد درخت) قرار گرفتند (شکل ۲-الف و ب). در تشریح توصیف‌گر Ratio 1 می‌توان چنین بیان داشت که با اعمال آن بر روی تصویر چهارباندی موجود، تصویری به دست می‌آید که ارزش هر قطعه آن برابر است با حاصل تقسیم میانگین ارزش پیکسل‌های داخل آن قطعه در باند ۱، بر مجموع

## ۲-۵- طبقه‌بندی شیء - پایه

این نوع طبقه‌بندی بر مبنای قطعه‌بندی صورت می‌گیرد. طبقات براساس مجموعه‌ای از توصیف‌گرها<sup>۱</sup> تشریح می‌شوند. این توصیف‌گرها می‌توانند بر مبنای ارزش طیفی (میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر)، شکل (مساحت، محیط، طول، عرض، تقارن، راستا، تراکم، فشردگی، نرمی، گردی و جز اینها) و بافت هر یک از قطعات در هر کدام از باندهای ورودی باشند. همچنین برای توصیف هر طبقه می‌توان از ویژگی‌های همراهی<sup>۲</sup>، یعنی نحوه ارتباط با طبقات یا سطوح دیگر، استفاده کرد (Definiens Imaging, 2006).

در منطقه ۱ ابتدا سطح زمین و سایه کامل به

1. Features
2. Context

قطرتر از ۱۵ سانتی‌متر در داخل قطعات نمونه ثبت شد. برای تعیین موقعیت تک‌تک درختان، ابتدا فاصله و آزیموت هر درخت به ترتیب به وسیله فاصله‌یاب لیزری و قطب‌نما اندازه‌گیری شد. بر مبنای مختصات به‌دست‌آمده، نقشه نقطه‌ای رقومی موقعیت درختان در قطعه نمونه تهیه شد و پس از نمایش بر روی تصویر، در مقیاس مناسب چاپ شد. پس از حضور مجدد در عرصه، با تطبیق و ترسیم محدوده تاج هر درخت و اصلاح خطاها در جنگل (حذف یا جابه‌جا کردن نقاط اشتباه، بر اساس انطباق با محیط)، یک نقشه پلی‌گونی نوع درختان تهیه شد.

### ۳- نتایج

استفاده از نقاط کنترل زمینی تکمیلی در تصحیح هندسی تصاویر، تأثیر مثبتی بر افزایش دقت مکانی آن داشت. مقایسه موقعیت تعدادی از پدیده‌های شاخص روی تصویر با موقعیت واقعی آنها در روی زمین، نشان‌دهنده دقت نسبتاً خوب تصاویر تصحیح شده بود (خطا در حدود ۵ متر). این میزان خطای هندسی باقی‌مانده و دقت مکانی نامطلوب DGPS در توده‌های جنگلی با تاج پوشش بسته، انجام کار میدانی نسبتاً زیادی را در فرایند تهیه نقشه واقعیت زمینی، ضروری ساخت. سرانجام این نقشه با دقت مکانی بسیار خوبی (در حد نیم متر) تهیه شد. در منطقه ۱، بلندمازو و ممرز فراوان‌ترین گونه‌ها هستند. تعداد قطعات مربوط به هر یک از گونه‌ها در نقشه طبقه‌بندی شده، این مطلب را تأیید می‌کند (جدول ۲). نقشه‌های حاصل از قطعه‌بندی و طبقه‌بندی در سطوح مختلف در شکل ۲ آمده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، درختان ممرز به سه شکل کاملاً متفاوت در تصویر این منطقه نمود یافتند که برای هر یک از این حالت‌ها، طبقه‌ای تعریف شده (ممرز مسن، ممرز در سایه و ممرز در نور)

میانگین ارزش پیکسل‌های همان قطعه در چهار بانده بعد از طبقه‌بندی و یکپارچه‌سازی قطعات براساس طبقه‌بندی، طبقه‌بندی مجددی با همان شاخص‌ها انجام گرفت (شکل ۲-ج) و نمونه‌های تعلیمی بر مبنای آن برای طبقات بلندمازو، ممرز، انجیلی و زالزالک تعیین شدند و با استفاده از توابع عضویت چندبعدی<sup>۱</sup> و به روش نزدیک‌ترین همسایه استاندارد<sup>۲</sup> طبقه‌بندی گردیدند (شکل ۲-د). علاوه بر چهار بانده اصلی، از باندهای پردازش شده HIS, NDVI, PCA در فرایند طبقه‌بندی به کار رفت. فرایند مشابهی در منطقه ۲ نیز انجام گرفت و نقشه‌های نوع گونه‌های درختی تولید شدند. فرایندهای طبقه‌بندی و طبقه‌بندی در محیط نرم‌افزار تخصصی تجزیه و تحلیل شیء - پایه eCognition5 انجام شد.

### ۲-۶- تهیه نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای

برای ارزیابی صحت نقشه‌های به‌دست‌آمده، نقشه واقعی از تصویر عمودی تاج درختانی که در آشکوب بالا قرار دارند، به روش تلفیقی بصری - میدانی تهیه شد. نقشه واقعیت زمینی مذکور به صورت نمونه‌ای در قطعات دایره‌ای با شعاع ۳۰ متر تولید شد. چهار قطعه نمونه در منطقه ۱ (معادل ۸/۶ درصد از کل منطقه) و شش قطعه نمونه در منطقه ۲ (معادل ۱۲/۹ درصد از کل منطقه) برداشت شدند. عملیات میدانی در شهریور و مهر ۱۳۸۸ انجام شد. به دلیل محدودیت در دریافت سیگنال‌های ماهواره‌ای در زیرتاج پوشش متراکم جنگل، استفاده از GPS برای تعیین موقعیت تک‌تک درختان میسر نگردید (Hutchens et al., 2008). لذا برای یافتن مرکز هر قطعه نمونه، ابتدا براساس تصویر بزرگ‌مقیاس چاپ شده هر منطقه و به کمک GPS، محدوده تقریبی موقعیت پلات در جنگل شناسایی شد. سپس نقطه مورد نظر براساس تطبیق منطقه و تصویر، با توجه به موقعیت پدیده‌های مجاور به عنوان نقاط کمکی، شناسایی شد (Collins et al., 2004). پس از یافتن مرکز قطعه نمونه، قطر و نوع گونه کلیه درختان

1. Multidimensional membership functions  
2. Standard nearest neighbor

تشخیص گونه‌های درختی با تصاویر هوایی رقومی به روش شیء - پایه در جنگل‌های شمال ایران (مطالعه موردی: چمستان، نور)

جدول مذکور آشکار است. انجیلی با صحت پایینی تفکیک شده و طبقات غیرجنگل (سایر) با بالاترین ضریب کاپا و صحت نسبتاً مناسبی متمایز شده‌اند. در منطقه ۲ که گونه غالب آن ممرز است، صحت کلی و ضریب کاپا برابر با ۷۰/۳۱ درصد و ۰/۴۶ به دست آمد (جدول ۳). در کنار ممرز که بیشترین صحت تولیدکننده را دارد، بلندمازو دارای بیشترین صحت کاربر و ضریب کاپاست، و گونه انجیلی کمترین صحت را دارد.

و نمونه‌های تعلیمی متمایزی انتخاب شدند (شکل ۲-۰). اما در نقشه نهایی همگی در یک دسته با نام ممرز جای گرفتند. این موضوع در مورد انجیلی و سطح زمین نیز صادق است. نقشه حاصل از طبقه‌بندی شیء پایه - در این منطقه دارای صحت کلی نسبتاً مناسب (۷۲ درصد) بود (جدول ۲). بر اساس جدول مذکور، بلندمازو با صحت تولیدکننده و کاربر ۷۴/۱۶ و ۹۴/۶۳ درصد بالاترین صحت را به خود اختصاص داده است. لیکن ضریب کاپای پایینی دارد. اختلاط ممرز و بلندمازو براساس

جدول ۲. نتایج ارزیابی صحت نقشه به دست آمده از طبقه‌بندی شیء-پایه در مقایسه با واقعیت زمینی در منطقه ۱

نقشه	مینا	ممرز	انجیلی	بلندمازو	سایر	مجموع
ممرز	۱۵۴۴۷۲	۴۷۸۹۴	۳۸۱۵۸۰	۶۸۲۸۸	۶۵۲۲۳۴	
انجیلی	۸۹۷۲	۲۴۹۱۰	۱۱۹۴۰	۱۲۳	۴۵۹۴۵	
بلندمازو	۴۹۹۴۱	۸۵۲۱	۱۱۹۰۱۶۱	۹۰۲۴	۱۲۵۷۶۴۷	
سایر	۲۵۱۵۶	۱۰۴۸۱	۲۱۲۸۰	۳۰۱۲۶۲	۳۵۸۱۷۹	
مجموع	۲۳۸۵۴۱	۹۱۸۳۵	۱۶۰۴۹۶۱	۳۸۳۳۶۳		
صحت تولیدکننده (درصد)	۶۴/۷۶	۲۷/۱۲	۷۴/۱۶	۷۸/۵۸		
صحت کاربر (درصد)	۲۳/۶۸	۵۴/۲۲	۹۴/۶۳	۸۴/۱۱		
ضریب کاپای طبقه	۰/۵۱	۰/۲۵	۰/۴۳	۰/۷۴		
صحت کلی (درصد)	۷۲/۰۶					
ضریب کاپای کلی	۰/۵۰					

جدول ۳. نتایج ارزیابی صحت نقشه حاصل از طبقه‌بندی شیء - پایه در مقایسه با واقعیت زمینی در منطقه ۲

نقشه	مینا	ممرز	بلندمازو	انجیلی	سایر	مجموع
ممرز	۱۷۲۲۰۷۳	۱۳۰۸۹۵	۵۲۲۹۱۷	۱۳۱۲۶۹	۲۵۰۷۱۵۴	
بلندمازو	۹۳۱۴۹	۴۲۵۹۶۷	۲۱۷۴۵	۱۳۳۵	۵۴۲۱۹۶	
انجیلی	۶۵۴۹۷	۲۳۲۷	۹۱۷۸۵	۱۲۳۶۹	۱۷۱۹۷۸	
سایر	۴۷۳۳۶	۹	۴۳۰	۱۹۷۴۷۵	۲۴۵۲۵۰	
مجموع	۱۹۲۸۰۵۵	۵۵۹۱۹۸	۶۳۶۸۷۷	۳۴۲۴۴۸		
صحت تولیدکننده (درصد)	۸۹/۳۲	۷۶/۱۷	۱۴/۴۱	۵۷/۶۷		
صحت کاربر (درصد)	۶۸/۶۹	۷۸/۵۶	۵۳/۳۷	۸۰/۵۲		
ضریب کاپای طبقه	۰/۶۱	۰/۷۲	۰/۰۹	۰/۵۴		
صحت کلی (درصد)	۷۰/۲۱					
ضریب کاپای کلی	۰/۴۶					

#### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که طبقه‌بندی شیء - پایه بر مبنای قطعات حاصل از مرحله قطعه‌بندی صورت می‌گیرد و خطای ایجادشده در این مرحله در مراحل بعدی اصلاح نخواهد شد، باید اطمینان لازم از کیفیت قطعه‌بندی، به گونه‌ای به دست آید. به دلیل پیچیدگی فرایند روش‌های ارزیابی کمی، مقدار بسیاری زیاد محاسبات و فقدان تابع تخصصی ارزیابی کمی در نرم‌افزارهای شیء - پایه موجود، معمولاً نتیجه قطعه‌بندی به روش کیفی ارزیابی می‌شود (Im et al., 2008, Costa et al., 2008, Baatz & Schape, 1999). در تحقیق حاضر نیز ارزیابی به صورت کیفی انجام شد. در این روش معیار مناسب بودن قطعه‌بندی مقایسه چشمی و رضایت‌مندی کاربر از نتیجه قطعه‌بندی از نظر هندسی (موقعیت صحیح قطعه در مقایسه با محدوده تاج درخت مورد نظر) و موضوع (در بر گرفته شدن تنها تاج یک درخت توسط قطعه مورد نظر) است (Schiewe, 2002, Ozdemir et al., 2008, Voss & Sugumaran, 2008).

با وجود تصحیح هندسی نسبتاً خوب تصاویر، مقداری خطای مکانی در تصاویر باقی مانده است (در حدود ۵ متر) که برطرف کردن آن به دلیل فقدان نقشه‌های دقیق و تاج پوشش مترکم جنگل به راحتی امکان‌پذیر نیست. اما با استفاده از روش میدانی تشریح شده (تلفیق روش میدانی و چشمی) برای تولید نقشه واقعیت زمینی، پس از برداشت اطلاعات میدانی و تولید نقشه مقدماتی، این نقشه بر روی تصویر هوایی تصحیح هندسی شده منتقل گردید و در جنگل مورد اصلاح نهایی قرار گرفت. لذا می‌توان از بی‌تأثیر بودن خطای هندسی باقی‌مانده و جابه‌جایی تاج درختان در جهت شعاعی و در نتیجه انطباق کامل تصویر با واقعیت زمینی اطمینان یافت. البته این روش تهیه واقعیت زمینی زمان‌بر است و اجرای آن در سطوح وسیع توصیه نمی‌شود. جا دارد تا در تحقیقات آتی به دلیل فقدان دسترسی، به دقت مکانی کمتر از یک متر در فرایند تصحیح هندسی پرداخته شود.

تشابه بازتاب طیفی و شکل تاج درختان و همچنین تداخل فضایی تاج گونه‌های مختلف مجاور نیز از جمله مهم‌ترین دلایل پایین بودن صحت طبقه‌بندی برخی از گونه‌ها به شمار می‌آیند.

با مقایسه مطالعات مشابه با تحقیق حاضر، می‌توان نتایج به‌دست‌آمده را نسبتاً هم‌سطح ارزیابی کرد. به طور مثال در مطالعه‌ای که با استفاده از تصاویر هوایی رقومی برای شناسایی گونه‌های درختی در جنگل‌های آمیخته صورت گرفت، صحت حدود ۴۰ تا ۷۵ درصد بود (Haara & Haara, 2002, Brandtberg, 1999). تفکیک چهارگونه توس، صنوبر لرزان، نوئل و کاج در یک توده طبیعی ۸۰ ساله با تصاویر هوایی و پس از آزمون سه روش مختلف قطعه‌بندی، با صحت ۷۷ درصد صورت گرفت (Erikson, 2004). در تحقیق دیگری با تصاویر UltraCamD به روشی شیء - پایه، سه گونه مختلف از جنس اکالیپتوس، بدون بهره‌گیری از داده‌های ارتفاعی، با صحت ۶۳ درصد، و با در نظر گرفتن DSM دقیق حاصل از لیدار با صحت ۸۶ درصد، تفکیک شدند (Darvishsefat et al., 2010). با استفاده از تصاویر رقومی هوایی و داده‌های ارتفاعی، تشخیص سه گونه کاج جنگلی و نراد و توس در توده‌های مختلف با ضریب کاپای ۰/۷۱ تا ۰/۸۶ صورت گرفت (Korpela, 2004). همچنین با به‌کارگیری مجموعه داده‌های لیدار و تصاویر هوایی، طبقه‌بندی سه گونه کاج و لاریکس و بلوط با صحت کلی ۷۶/۸۸ درصد انجام شد (Kwak et al., 2005).

در بیشتر مطالعات انجام‌شده با به‌کارگیری تصاویر هوایی رقومی با قدرت تفکیک بالا، از DSM به عنوان داده‌های کمکی استفاده شده و اغلب هم به بهبود نتایج انجام‌شده است (Millette & Hayward, 2004, Schiewe et al., 2001, Hirschmugl et al., 2007). در این تحقیق براساس تصاویر هوایی زوج، DSM تهیه شد اما به دلیل فقدان نقاط کنترل زمینی و گرهی مناسب و کافی و همچنین به خاطر فشردگی تاج‌ها و تغییر شکل آنها در تصاویر متوالی، ناممکن بودن انتخاب نقاط



تشخیص گونه‌های درختی با تصاویر هوایی رقومی به روش شیء - پایه در جنگل‌های شمال ایران (مطالعه موردی: چمستان، نور)

تجارب کارشناسان آن سازمان سپاس‌گزاری می‌شود. همچنین با سپاس فراوان از همکاری‌های بی‌دریغ آقایان مهندسان معصومی، عنایتی، بحیرائی، جبلی، خزائی، حیدری، نوری و به‌ویژه عابدی و اسماعیلی که همواره از تجارب ارزنده‌شان در طول مدت تحقیق استفاده شده است.

#### ۶- منابع

Ali S.S., P. Dare and S.D. Jones, 2008, **Fusion of Remotely Sensed Multi-spectral Imagery and LiDAR Data for Forest Structure Assessment at the Tree Level**, Int. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, Part B7, Beijing, China.

Baatz, M. and A. Schape, 1999, **Object-oriented and Multi-scale Image Analysis in Semantic Network**, Proc. of 2nd Int. Symposium on Operationalization of Remote Sensing, Enschede, ITC, PP. 148-157.

Baltsavias, E., H. Eisenbeiss, D. Akca, L.T. Waser, M. Kuckler, C. Ginzler and P. Thee, 2007, **Modelling Fractional Shrub/tree Cover and Multi-temporal Changes Using High Resolution Digital Surface Model and CIR-aerial Images**, [Http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persons/devrim-publ.html](http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persons/devrim-publ.html)

Benz, U.C., P. Hoffmann, G. Willhauck, I. Lingenfelder and M. Heynen, 2004, **Multi-resolution Object-oriented Fuzzy Analysis of Remote Sensing Data for GIS-ready Information**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 58, PP. 239-258.

گرهی از سطح زمین - و نه از تاج درختان - و پوشش مشترک طولی و عرضی کم (۶۰ و ۲۰ درصد در مقابل ۸۰ و ۶۰ درصد در حالت مطلوب)، دارای کیفیت مناسبی نبود و در بررسی‌های (Jacobsen, 2006, Korpela & Tokola, 2006) نیز به این مطلب اشاره شده است. از آنجا که معمولاً چنین داده‌های ارتفاعی دقیقی - به‌ویژه در مناطق جنگلی - تهیه نشده‌اند و دسترسی به آنها نیازمند هزینه بسیار بالاست، پیشنهاد می‌شود در اولین فرصت دسترسی به آنها یا با سفارش تهیه آنها، کاربرد و نحوه تأثیرشان بر نتایج طبقه‌بندی این تصاویر، مورد آزمون قرار گیرد.

با استفاده از تصاویر رقومی هوایی تحقیقاتی با هدف کاربرد در جنگل در کشورهای دیگر انجام شده است. اما جنگل‌های شمال ایران با ساختار و ویژگی‌های منحصر به فردشان - به‌ویژه از نظر غنا و آمیختگی گونه‌های پهن‌برگ - روش‌ها و ابزارهای ویژه‌ای را طلب می‌کنند. اگر به این موارد ویژگی‌هایی چون نوپا و در عین حال گسترده و عمیق بودن این روش طبقه‌بندی (امکان اعمال داده‌های کمکی بسیار متنوع و تکنیک‌ها و استراتژی‌های مختلف با در نظر گرفتن توصیف‌گرهای گوناگون طیفی، بافت، همراهی، موقعیت و مانند اینها) و جدید بودن تصاویر مورد استفاده (کمتر شناخته‌شده و ارزیابی شده)، محدود بودن متخصصان باتجربه و کمبود امکانات به‌ویژه داده‌های دقیق و بزرگ مقیاس در کشور اضافه شود، قطعاً نتایج تحقیق حاضر را نباید نشان‌دهنده آخرین حد قابلیت این داده‌ها و روش مذکور تلقی کرد. بنابراین قضاوت قطعی و مطمئن‌تر در خصوص میزان صحت دست‌یافتنی و کیفیت نقشه‌های تولیدشده با آنها، مستلزم تحقیقات بیشتر در مناطق مختلف جنگلی است تا با مقایسه نتایج به‌دست‌آمده بتوان در این باره اظهار نظر قطعی کرد.

#### ۵- تقدیر و تشکر

از مدیریت سازمان جغرافیایی به خاطر تأمین تصاویر این مقاله و همکاری صمیمانه به منظور بهره‌گیری از

- Brandtberg, T., 1999, **Automatic Individual Tree-based Analysis of High Spatial Resolution Remotely Sensed Data**, Ph.D. Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 155p.
- Collins, C.A., R.C. Parker and D.L. Evans, 2004, **Using Multispectral Imagery and Multi-return LiDAR to Estimate Tree and Stand Attributes in a Southern Bottomland Hardwood Forest**, Proc. ASPRS Annual Conference, Denver, Colorado.
- Costa, G.A., R.Q. Feitosa, T.B. Cazes, and B. Feijo, 2008, **Genetic Adaption of Segmentation Parameters, Object-based Image Analysis-spatial Concepts for Knowledge- Driven remote sensing applications**, lecture notes in Geoinformation and Cartography, Berlin, Heidelberg, PP. 679-695.
- Darvishsefat A.A., O. Rafian, S. Babaei Kafaki and A.Mataji, 2010, **Evaluation of UltraCamD Images Capability for Tree Species Identification Using Object-based Method in the Even-aged Mixed Forestation**, Iranian journal of Forest, 2(2), PP. 165-176.
- Definiens Imaging GmbH, 2006, **Definiens Professional5 User Guide**, <http://www.definiens.com/Userguide.pdf>, 249 pp.
- Erikson, M., 2004, **Segmentation and Classification of Individual Tree Crowns**, Ph.D. thesis, Centre for Image Analysis, Acta universitatis agriculturae sueciae, Silvestria, 45p.
- Farzaneh, A., 2004, **Landcover Mapping Employing Fusion of Remotely Sensed High-spatial Resolution Pan and Medium-spatial Resolution Multi-spectral Images in the Region of Sari-Iran**, Ph.D. dissertation, Vienna, Austria.
- Haara, A. and M. Haarala, 2002, **Tree Species Classification Using Semi-automatic Delineation of Trees on Aerial Images**, Scandinavian Journal of Forest Resources, 17, PP. 556-565.
- Hirschmugl, M., M. Ofner, J. Raggam and M. Schardt, 2007, **Single Tree Detection in Very High Resolution Remote Sensing Data**, <http://www.sciencedirect.com>.
- Hutchens, CH.L., B.R. Sarbin, A.C. Bowers, J.D.G. McKillican, K.K. Forrester and R.M. Buehrer, 2008, **An Improved Method for GPS-based Network Position Location in Forests**, Proc. Wireless Communications and Networking Conference, Las Vegas, Nevada, USA, PP. 273-277.
- Im, J., J.R. Jensen, and J.A. Tullis, 2008, **Object-based Change Detection Using Correlation Image Analysis and Image Segmentation**, Int. Journal of Remote Sensing, 29(2), PP. 399-423.
- Jacobsen, K., 2006, **Photogrammetry and Geoinformation Trends for Large Scale Mapping**, <http://www.keystoneaerialsurveys.com/Documents/Photogrammetry%20Trends.pdf>.
- Korpela, I., 2004, **Individual Tree Measurements by Means of Digital Aerial**

تشخیص گونه‌های درختی با تصاویر هوایی رقومی به روش شیء - پایه در جنگل‌های شمال ایران (مطالعه موردی: چمستان، نور)

- Photogrammetry**, Silva Fennica Monographs 3, 93p.
- Korpela, I. and T. Tokola, 2006, **Potential of Aerial Images-based Monoscopic and Multiview Single-tree Forest Inventory- a Simulation Approach**, Forest Science, 52(3), PP. 136-147.
- Kwak, D.A., W.K. Lee, and M.H. Son, 2005, **Application of LiDAR and Digital Aerial Photograph for Precise Forest Inventory**, Proc. ESRI Int. User Conference, SanDiego, USA.
- Laliberte, A.S., A. Rango, J.E. Herrick, Ed L. Fredrickson and L. Burkett, 2007, **An Object-based Image Analysis Approach for Determining Fractional Cover of Senescent and Green Vegetation with Digital Plot Photography**, Journal of Arid Environments, 69, PP. 1-14.
- Millette, T. L. and C. D. Hayward, 2004, **Detailed Forest Stand Metrics Taken from AIMS-1 Sensor Data**, <http://www.mtholyoke.edu/dept/earth/facilities/Millette-b.pdf>.
- Ozdemir, I., D. Norton, U. Y. Ozkan, A. Mert and O. Senturk, 2008, **Estimation of Tree Size Diversity Using Object-oriented Texture Analysis and ASTER Imagery**, Sensors, 8, PP. 4709-4724.
- Rafieyan, O., A.A. Darvishsefat and S. Babaii, 2009, **Evaluation of Object-based Classification Method in Forest Applications Using UltraCamD Imagery (Case study: Northern forest of Iran)**, Proc. of 3rd National Forest Conference, University of Tehran, Karaj, Iran.
- Schiewe, J., L. Tufte and M. Ehlers, 2001, **Potential and Problems of Multi-scale Segmentation Methods in Remote Sensing**, GIS-Geographische Informations Systeme. 6, PP. 34-39.
- Schiewe, J., 2002, **Segmentation of High-resolution Remotely Sensed Data Concepts, Application and Problems**, Proc. Symposium on geospatial theory, processing and applications, Ottawa, Canada, PP. 235-242.
- Sohrabi, H., 2009, **Visual and Digital Interpretation of UltraCamD in Forest Inventory**, Ph.D. thesis, Natural resources faculty, Tarbiat Moalem University, Nur, Iran.
- Voss, M. and R., Sugumaran, 2008, **Seasonal Effect on Tree Species Classification in an Urban Environment Using Hyperspectral Data**, LiDAR and an object-oriented approach, Sensors, 8, PP. 3020-3036.