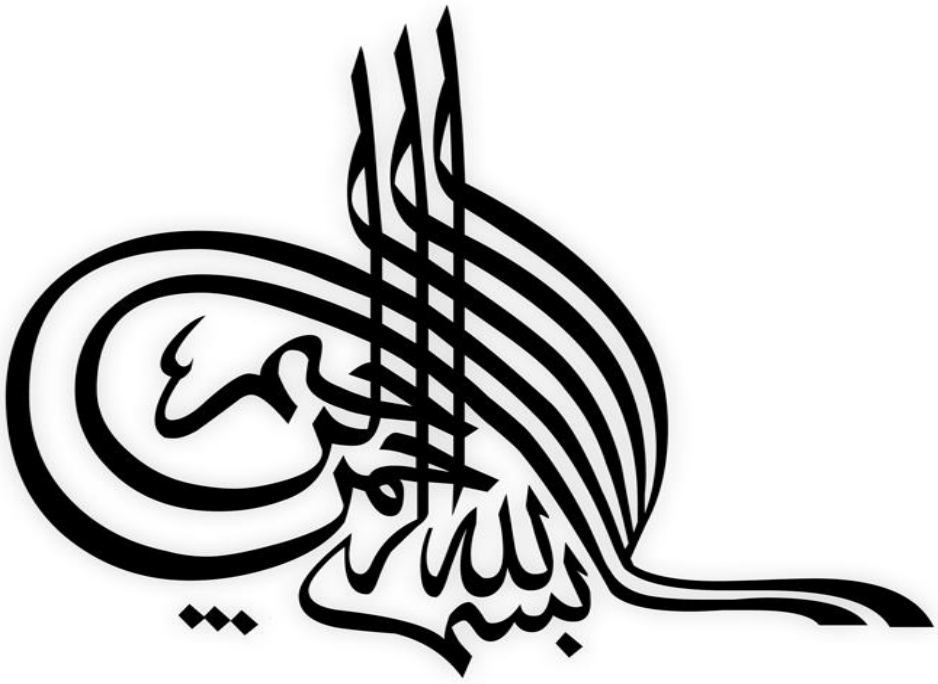
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم جنگل

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته جنگلداری

# تشخیص گونه‌های درختی با استفاده از تصویر رقومی دوربین هوایی به روش طبقه‌بندی شی‌پایه

**پژوهش و نگارش:**

اقدس قاسمی رزوه

**استاد راهنما:**

دکتر شعبان شتایی جویباری

**استاد مشاور:**

دکتر جهانگیر محمدی

**تابستان ۱۳۹۳**

## تعهدنامه

نظر به اینکه انجام فعالیت‌های پایان‌نامه‌های تحصیلی با بهره‌گیری از حمایت-های علمی، مالی و پشتیبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت می‌پذیرد، به منظور رعایت حقوق دانشگاه، نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می‌شوم:

۱. این گزارش حاصل فعالیت‌های علمی- پژوهشی و دانش و آگاهی نگارنده است مگر آنکه در متن به نویسنده یا پدید آورنده اثر ارجاع داده شده باشد.
۲. چاپ هر تعداد نسخه از پایان‌نامه با کسب اجازه کتبی از مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه خواهد بود.
۳. انتشار نتایج پایان‌نامه به هر شکل (از قبیل کتاب، مقاله و همایش) با اطلاع و کسب اجازه کتبی از استاد راهنما خواهد بود. نام کامل دانشگاه:

به فارسی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

و به انگلیسی: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

در بخش آدرس‌دهی درج خواهد شد.

۴. در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب اختراع، اکتشاف و موارد مشابه، نام کامل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به عنوان عضو حقوقی در انتهای فهرست اسامی درج گردد.
۵. تعیین ترتیب اسامی نویسندگان در انتشار نتایج مستخرج از پایان‌نامه و هر گونه تفاوت احتمالی در آن با فهرست مصوب اسامی هیات راهبری پایان‌نامه با تایید استاد راهنمای اول خواهد بود.

اینجانب **اقدس قاسمی رزوه** دانشجوی **جنگلداری** مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می شوم.

**نام و نام خانوادگی و امضاء**

اقدس قاسمی رزوه

تقدیم به

او که هر چه هست همه از اوست.

و

او که جهان در انتظار اوست.

و

همه عزیزانم...

# تشکر و قدردانی

سپاس بی‌کران خدای را است که دستانم را توان نوشتن از اوست تا به انجام رسانم هر آنچه را که با نامش آغاز کردم. سپاس آنان را که روشنای روای علمشان زبان ناجی نادانی است، آنان که معلم میثاق همدم و شکوفا، اگر شاخه‌های شباب اندیش، اگر چه در کلام نمی‌گنجد، ژرف‌ترین سپاس خود را از زحمات بی‌شائبه اساتید فاضل و بزرگوارم جناب آقای دکتر شعبان شتائی که امروز در سایه رهنمودهای عالمانه و توجه پدرانه شان توانستم گامی کوچک در پهنه دشت لایتناهی علم و معرفت بردارم، ابزار می‌دارم و لطف بی‌دریغ و منشانشان را سپاس می‌گویم.

همچنین شایسته است از استاد مشاور عالیقدر جناب آقای دکتر جهانگیر محمدی که در این راستا مدیون و مرهون ارائه نظرات ارزشمند و ارشادات حکیمانه آن بوده و هستم صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

از اساتید داور گرامی جناب آقایان دکتر معیری و دکتر رایینی که مطالعه این پایان نامه را متقبل نموده اند و با راهنمایی های ارزشمند و دلسوزی های بی منت خویش مرا در ارائه بهتر مطالب یاری نمودند، بسیار سپاسگذارم.

از مسئولین محترم جحفل آموزشی و پژوهشی شصت کلاته، جناب آقایان مهندس پور ملکشاه، نیازپور، فتحی، رضایی و حسینی برای کمک های بی دریغشان بسیار سپاسگذارم.

از مسولین محترم سایت ژئوفیزیک جحفل، آقایان محسن مصطفی، نورالدین نوریان و محمد امین اسحاقی کمال تشکر را دارم.

از کمک ها و مشاوره بی دریغ آقایان، امید رفیعیان، حامد نقوی، امین قاسمی اسفملانی، اصغری پری و خانم ها، طاهره قاسمی و فاطمه جهانی شکیب کمال تشکر را دارم. و از خداوند متعال برایشان آرزوی موفقیت دارم.

همچنین از محبت ها و دلگرمی های تمام دوستانم که در کار صحرایی همواره همراه و پشتیبان من بودند بویژه خانم ها صفورا چراغی، سارا چانه فر، عطیه گل محمدی، و آقای کوشی صمیمانه تشکر می نمایم و از خداوند متعال برای آنها سعادت، کامروایی و سرانجام نیک را خواستارم.

و بالاخره آنچه نه انکارپذیر است و نه فراموش شدنی، محبت، بزرگواری و تلاش دو شمع پرفروغ زندگی، پدر و مادر مهربان و دلسوزم، دو گوهر بی مثال، و برادران و خواهران عزیزم که زینه رشد و شکوفایی اندیشه ام را فراهم نمودند، زحمت می خواهم که در پیشگاه مهربان آنها بگویم: تمام آنچه بودم و هستم و خواهم بود همه و همه مدیون زحمات شماست.

## چکیده

تصاویر یا عکس‌های رقومی هوایی، با توان تفکیک مکانی و رادیومتری بالا، یک منبع اطلاعاتی باارزش برای تهیه نقشه پوشش زمین و اطلاعات موضوعی به‌ویژه تشخیص گونه‌های درختی تلقی می‌شوند. هدف از این تحقیق بررسی قابلیت تصاویر رقومی هوایی Ultracam-D و روش شی پایه در تشخیص گونه‌های درختی در جنگل‌های پهن‌برگ خزری است. به این منظور بخشی از منطقه سری یک شصت کلاته گرگان انتخاب شد. نقشه واقعیت زمینی موقعیت گونه‌های غالب از طریق ثبت دقیق با سیستم DGPS، تهیه گردید. پیش‌پردازش و پردازش‌های مناسب بر روی تصاویر انجام گرفت. سپس طبقه‌بندی به دو روش پیکسل پایه و شی‌پایه بر روی مجموعه باندهای اصلی و مصنوعی به‌صورت جداگانه و با ۷۵ درصد واقعیت زمینی انجام شد. در روش پیکسل‌پایه از الگوریتم-های حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان و در روش شی‌پایه از فن نزدیک‌ترین همسایه برای طبقه-بندی گونه‌ها استفاده گردید. ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی‌ها با استفاده از ۲۵ درصد نمونه‌های واقعیت زمینی، انجام شد، نتایج نشان داد که در روش پیکسل‌پایه نقشه حاصل از طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال و مجموعه باندهای اصلی و مصنوعی دارای صحت کلی ٤٧/٨٣ درصد و ضریب کاپای ۳۳/. بوده و در مقایسه با نقشه الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (۳۳/۹۷ و ۱۵/.) از صحت بهتری برخوردار بوده است. نتایج مقایسه نقشه حاصل از بهترین الگوریتم پیکسل‌پایه با نقشه حاصل از طبقه‌بندی سلسله مراتبی روش شی‌پایه نشان داد که صحت کلی روش طبقه‌بندی سلسله مراتبی شی‌پایه با صحت کلی ۵۵/۲۸ درصد و ضریب کاپای ٤٢/. بهتر از روش پیکسل‌پایه بوده است. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که روش شی‌پایه نسبت به به روش پیکسل‌پایه برتری قابل ملاحظه‌ای دارد ولی به‌طور کلی دو روش نتوانستند با دقت قابل قبولی گونه‌های درختی را تشخیص و واز یکدیگر تفکیک نمایند.



**کلمات کلیدی:** تصاویر هوایی رقومی، پیکسل‌پایه، شی‌پایه، تشخیص گونه‌های درختی، جنگل-های پهن‌برگ شصت کلاته گرگان

فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**

## فصل اول: مقدمه و کلیات


۱- مقدمه ..... ۲

۱-۱- مقدمه و هدف ..... ۲

۱-۱-۱-فرضیه‌های تحقیق ..... ٦

۱-۲-کلیات تحقیق ..... ۷

۱-۲-۱- ویژگی‌های دوربین رقومی هوایی UltraCam -D ..... ۷

۱-۳- طبقه‌بندی پیکسل-پایه ..... ۱۱

۱-۳-۱- الگوریتم‌های طبقه‌بندی ..... ۱۲

۱-۳-۲- طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال ..... ۱۳

۱-۳-۳- طبقه‌بندی کننده حداقل فاصله ..... ۱۳

۱-۳-٤- طبقه‌بندی کننده جعبه‌ای یا متوازی‌السطوح ..... ۱۳

۱-۳-۵- طبقه‌بندی کننده ماشین بردار پشتیبان (SVM) ..... ۱٤

۱-٤- طبقه‌بندی شی-پایه ..... ۱۵

۱-٤-۱- قطعه‌بندی ..... ۱٦

۱-٤-۲- طبقه‌بندی ..... ۱۷

۱-٤-۲-۱- طبقه‌بندی با نزدیک‌ترین همسایه ..... ۱۷

۱-٤-۲-۲- طبقه‌بندی با توابع عضویت ..... ۱۷


## فصل دوم: مرور منابع


۲- مرور منابع ..... ۲۰

۲-۱- تحقیقات مرتبط با کاربرد تصویر رقومی هوایی در جنگل ..... ۲۰
۲-۲- تحقیقات مرتبط با روش طبقه‌بندی شی پایه بر روی تصاویر ..... ۲۲
۲-۳- تحقیقات مرتبط با مقایسه دو روش شی پایه و پیکسل پایه ..... ۲۳

## فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- منطقه موردمطالعه ..... ۳۰
۳-۱-۲- موقعیت جغرافیایی ..... ۳۰
۳-۱-۳- پوشش گیاهی منطقه ..... ۳۱
۳-۲- تهیه نقشه واقعیت زمینی ..... ۳۳
۳-۳- داده‌ها طیفی مورد استفاده ..... ۳۶
۳-۳-۱ تصاویر دوربین رقومی هوایی (Ultracam-D)..... ۳۶
۳-٤- نرم‌افزارهای مورد استفاده ..... ۳۷
۳-۵- پردازش تصاویر ..... ۳۷
۳-۵-۱- نسبت گیری و ایجاد شاخص‌های گیاهی ..... ۳۸
۳-۵-۲- تجزیه مؤلفه‌های اصلی ..... ۳۸
۳-۵-۳- تحلیل بافت تصاویر دوربین رقومی هوایی ..... ۳۸
۳-٦- طبقه‌بندی پیکسل-پایه ..... ۳۹
۳-٦-۱- انتخاب نمونه‌های تعلیمی ..... ۳۹
۳-٦-۲- طبقه‌بندی ..... ۳۹
۳-٦-۳- بهبود نتایج طبقه‌بندی با اعمال فیلتر (Filtring) ..... ٤۰
۳-۷- شی پایه ..... ٤۰
۳-۷-۱- قطعه‌بندی ..... ٤۱
۳-۷-۲- طبقه‌بندی سلسله مراتبی ..... ٤۱

۳-۷-۳- طبقه‌بندی یک مرحله‌ای ..... ٤۳
۳-۸- ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی ..... ٤۳

## فصل چهارم: نتایج

٤-۱- نتایج حاصل از روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه ..... ٤٦
٤-۱-۱- الگوریتم حداکثر احتمال ..... ٤٦
٤-۱-۲- نتایج بکارگیری الگوریتم ماشین بردار پشتیبان ..... ٤۸
٤-۱-۳- بهبود نتایج با اعمال فیلتر ..... ٥۰
٤-۲- نتایج حاصل از روش طبق‌بندی قطعه‌بندی ..... ٥۱
٤-۲-۱- نتایج قطعه‌بندی ..... ٥۱
٤-۲-۲- طبقه‌بندی سلسله مراتبی ..... ٥۲
٤-۲-۳- طبقه‌بندی یک مرحله‌ای ..... ٥۲

## فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

٥- بحث و نتیجه‌گیری ..... ٥٦
٥-۱- تاثیر باندهای مصنوعی بر روی تشخیص گونه‌های درختی ..... ٥٦
٥-۲- طبقه‌بندی پیکسل‌پایه ..... ٥۷
٥-۲-۱- مقایسه الگوریتم‌های پیکسل‌پایه ..... ٥۸
٥-۳- طبقه‌بندی شی‌پایه ..... ٥۹
٥-٤- مقایسه نتایج شی‌پایه و پیکسل‌پایه ..... ٥۹
٥-٥- نتیجه‌گیری کلی ..... ٦۰
٥-٦- پیشنهادات ..... ٦۱
منابع ..... ٦۳

فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**


جدول ۱-۱- مشخصات محدوده طیفی باندهای دوربین رقومی UltraCam-D ..... ۸

جدول۱-۲-انواع طبقه‌بندی‌ها و معرفی چند الگوریتم از هریک از طبقه‌بندی‌ها ..... ۱۵

جدول ۲-۱- نتایج روش طبقه‌بندی شی پایه و پیکسل پایه ..... ۲۶

جدول ۳-۱- لیست گونه‌های درختی در سری یک شصت کلاته ..... ۳۲

جدول ۳-۲- فراوانی گونه‌های درختی در نقشه واقعیت زمینی ..... ۳۵

جدول ۳-۳- مشخصات کلی تصاویر دوربین رقومی هوایی UltraCam-D..... ۳۷

جدول ٤-۱- خصوصیات نمونه‌های تعلیمی ..... ٤٦

جدول ٤-۲- نتایج حداکثر احتمال ..... ٤۷

جدول٤-۳- جدول خطای الگوریتم حداکثر احتمال ..... ٤۸

جدول ٤-٤- نتایج ماشین بردار پشتیبان ..... ٤۸

جدول ٤-۵- جدول خطای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان ..... ۵۰

جدول ٤-٦- نتیجه اعمال فیلتردر الگوریتم حداکثر احتمال ..... ۵۰

جدول ٤-۷- نتیجه اعمال فیلتر در ماشین بردار پشتیبان ..... ۵۰

جدول٤-۸- جدول خطا در طبقه بندی یک مرحله‌ای ..... ۵۳

فهرست اشکال

**عنوان** **صفحه**

شکل ۱-۱- نمایی از دوربین UltraCam-D ..... ۱۰
شکل۱-۲- مقایسه طبقه‌بندی کلاس‌ها با الگوی طیفی یکسان و فضای عوارض همپوشان (پیکسل‌های آمیخته..... ۱۲
شکل ۳-۱- موقعیت منطقه موردمطالعه در سری یک طرح جنگلداری دکتر بهرام نیا ..... ۳۱
شکل ۲-۳- تراکم تاج پوشش در قسمتی از منطقه ..... ۳۳
شکل ۳-۳- نقشه پراکنش گونه‌های درختی واقعیت زمینی نمونه‌ای ..... ۳۵
شکل ۳-٤- الف) کلاسه‌ها در یک مرحله‌ای ب) کلاسه‌ها در سلسله مراتبی ..... ٤۲
شکل ۳-۵- طبقه‌بندی سلسله مراتبی در شی‌پایه ..... ٤۳
شکل ٤-۱- نقشه حاصل شده از الگوریتم حداکثر احتمال با ٤ باند اصلی ..... ٤۷
شکل ٤-۲- نقشه حاصل شده از الگوریتم ماشین‌بردار پشتیبان با ٤ باند اصلی ..... ٤۹
شکل ٤-۳- نتیجه قطعه‌بندی تصویر با مقیاس ٤۰۰ ..... ۵۱
شکل ٤-٤- نقشه حاصل شده از طبقه‌بندی سلسله مراتبی با ٤ باند اصلی ..... ۵۳

# فصل اول

# مقدمه و کلیات

۱- مقدمه

## ۱-۱- مقدمه و هدف

جنگل‌های شمال کشور به لحاظ قدمت (بجا مانده از دوران سوم زمین‌شناسی) و تنوع گونه‌ای جز جنگل‌های نادر و منحصربه‌فرد جهان به شمار می‌روند. این جنگل‌ها به دلیل سطح محدود، تراکم نسبتاً بالای جمعیت انسانی و وجود مسائل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی پیچیده، یکی از کانون‌های اصلی توجه مدیران و برنامه‌ریزان در سطح ملی محسوب می‌گردند. اولین گام جهت برنامه‌ریزی و نحوه مدیریت آن‌ها، در اختیار داشتن اطلاعات مکانی بهنگام، دقیق و صحیح است (سماک و منطقی، ۱۳۷۹). با توجه به روند کاهنده سطح جنگل‌های کشور و قرار گرفتن قسمت اعظمی از اراضی جنگلی منحصربه‌فرد به لحاظ موقعیت، قدمت، تنوع زیستی و ساختار در مناطق کوهستانی و صعب‌العبور شمال کشور و اهمیت این جنگل‌ها ازنظر حفظ منابع آب و خاک، لزوم تهیه نقشه‌هایی که بیانگر تفکیک پوشش‌های جنگلی از یک دیگر در این نواحی باشد جهت مدیریت بهینه آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد. تهیه نقشه واحدهای نسبتاً همگن به لحاظ گونه‌های درختی معین تحت عنوان تیپ جنگل از اصولی‌ترین راه‌های مدیریت بر جنگل‌ها است. تولید و به هنگام سازی نقشه همچون ترکیب گونه‌ها (تیپ‌های جنگل) از طریق روش‌های متداول زمینی به‌ویژه در سطوح وسیع، نواحی کوهستانی و صعب‌العبور مستلزم صرف زمان و هزینه‌های زیاد است. در سال‌های اخیر بررسی امکان تهیه این نقشه‌ها از طریق طبقه‌بندی رقومی داده‌های سنجش‌ازدور با توجه به شرایط ساختاری جنگل‌ها بر روی زمین به‌عنوان روش جایگزینی مناسب موردتوجه قرار گرفته است و در این میان توسعه روش‌های طبقه‌بندی و قابلیت بالای آن‌ها بر اهمیت بکار گیری آن‌ها افزوده است. در سنجش‌ازدور برای تفکیک پدیده‌های موضوعی و استخراج دقیق‌تر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای روش‌های طبقه‌بندی مختلفی وجود دارد که با توجه به نوع روش مورد استفاده نتایج متفاوتی حاصل می‌شود. علی‌محمدی و همکاران به نقل از (تسو[1] و همکاران، ۲۰۰۱). روش معمول تهیه نقشه جنگل در کشور، تفسیر عکس-

[1] Tso

های هوائی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:٤۰۰۰۰ جهت تعیین طبقات تراکمی و عملیات میدانی برای تیپ بندی جنگل است که علاوه بر کار میدانی بسیار گسترده و پرهزینه، دارای محدودیت‌هایی نیز در زمینه تفسیر عکس‌های مذکور نیز هست (سماک و منطقی، ۱۳۷۹). امروزه می‌توان به کمک روش‌ها و فن-آوری‌های نو جهت بهنگام سازی و حتی افزایش دقت و صحت نقشه‌های موجود اقدام نمود. ازجمله این فن‌آوری‌ها، می‌توان به عکس‌برداری هوایی رقومی با دوربین UltraCam-D که دارای قابلیت ارائه تصاویری با قدرت تفکیک مکانی بسیار زیاد و به‌صورت چند طیفی است، اشاره کرد (رفیعیان، ۱۳۸۹). ویژگی‌های فنی این داده‌ها باعث شده تا تنها به روش‌های خاص مورد آماده سازی و تجزیه‌وتحلیل قرار گیرند. با ظهور و گسترش سنجنده‌های رقومی هوایی نظیر DMC[1]، HRSC AX[2]، ADS40[3]، ATM[4] و UltraCam-D در دهه اخیر، فصل جدیدی در تهیه نقشه‌های موضوعی باز شده است. از مزایای تصاویر رقومی هوایی نسبت به عکس‌های هوایی آنالوگ می‌توان به مواردی نظیر دسترسی و کنترل همزمان داده‌ها حین تصویربرداری، امکان ذخیره و انتقال آسان حجم زیادی از داده‌ها، حذف هزینه‌های خرید فیلم، چاپ یا اسکن مجدد عکس، امکان ارائه پوشش مشترک طولی بیشتر بدون هزینه اضافی، تصویربرداری چند طیفی و ارائه تصاویر رنگی حقیقی و کاذب، تولید تصاویر با توان تفکیک رادیومتری ۱۲ بیت، وضوح بهتر تصاویر نسبت به فیلم اسکن شده، هندسه داخلی بهتر، امکان اعمال تصحیحات و پردازش‌های خودکار و سازگاری با روش‌های فتوگرامتری فعلی البته با امکانات بیشتر اشاره نمود (نیومن[5]، ۲۰۰۵). اطلاعات مربوط به پوشش زمین به‌ویژه جنگل‌ها، با استفاده از پایش‌های میدانی، تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای قابل تهیه هستند. در گذشته معمولاً عکس‌های هوایی به شکل بصری تفسیر می‌شدند. این روش درواقع استفاده از فناوری سنجش‌ازدور در ساده‌ترین شکل آن است، البته هنوز هم در بعضی موارد همچنان روش

[1] Digital Mapping Camera
[2] High Resolution Stereo Camera
[3] Airborne Digital Sensor
[4] Adaptive Triangular Mesh
[5] Neumann

مناسبی است؛ اما امروزه داده‌های رقومی سنجش‌ازدور (تصاویر ماهواره‌ای و هـوایی) ضـمن پیشـرفت روزافزون توان تفکیک مکانی، طیفی، رادیومتری و زمانی، به ابزاری بسـیار قـوی و مـؤثر بـرای تولیـد اطلاعات از مناطق جنگلی تبدیل شده‌اند و همزمان با این تحولات، روش‌های جدیدی نیز متناسب بـا ساختار داده‌های مختلف ابداع و معرفی شده‌اند تا از تمام ظرفیت‌هـای ایـن داده‌هـا بـه بهتـرین شـکل استفاده گردد (رفیعیان، ۱۳۸۹). با توجه به قدرت تفکیک‌های مکانی بسیار زیاد تصاویر، بـدیهی اسـت که باید داده‌های مکانی بسـیار دقیـق و بـزرگ مقیـاس متناسـب بـا آن در پـردازش‌هـا اسـتفاده شـود. روش‌های متداول و کلاسیک طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای (روش پیکسل-پایه[1]) برای تجزیـه‌وتحلیـل داده‌های دوربین‌های رقومی مناسب نیستند. به‌طور مثال در داده‌های با توان تفکیک مکانی پـایین نظیـر Landsat و نظایر آن، میانگین بازتاب اجزا مختلف تاج یک درخت در یک پیکسل ثبت می‌گـردد؛ امـا در داده با توان تفکیک مکانی زیاد، مجموعه‌ای از پیکسل‌ها با بازتاب‌های مختلف، تاج یک درخـت را تشکیل می‌دهند. علاوه بر مشکل ذکر شده در مورد نمـود ظـاهری پدیـده‌ای معـین بـه صـورت‌هـای مختلف کاهش اندازه پیکسل‌ها موجب تغییرات شدید درون طبقه‌ای و کاهش صـحت طبقـه‌بنـدی در روش سنتی پیکسل- پایه می‌شود. با افزایش توان تفکیک مکانی، تفاوت طیفی پیکسل‌های داخـل هـر طبقه بیشتر می‌شود، تفکیک‌پذیری طبقات کاهش می‌یابد و در نتایج طبقه‌بندی بـه دلیـل ایـن‌کـه تـک پیکسل‌های طبقه‌بندی شده، با پیکسل‌های مجاور خود تفاوت دارند، به حالت فلفل- نمکی ظاهر مـی-شود (شتایی، ۱۳۸۲). از مهم‌ترین خلأهای تحقیقاتی موجود در این رابطه آشنایی اندک بـا روش‌هـای جدید و متناسب طبقه‌بندی تصاویر رقـومی ازجملـه روش شـی-پایـه[2] در کشـور مـا اسـت. بنـابراین به‌کارگیری و اجرای این روش (که اغلب در تحقیقات مقایسه‌ای نتایج طبقه‌بندی دارای دقت و صحت بالاتری نسبت به نتایج روش پیکسل-پایه بوده است) برای جنگل‌های شـمال ایـران و فـراهم نمـودن مقدمات توسعه و فراگیری آن، نیازمند تحقیقات متعدد در عرصه‌های متفاوت است و تحقیق حاضر را می‌توان یکی دیگر از تحقیقات موردنظر در کنار تحقیقات انجام شده ولی متفاوت از تحقیقـات انجـام

[1] Pixel-based classification
[2] Object-based classification

شده ازنظر موضوعی نظیر تیپ جنگل (شتایی، ۱۳۸۲) و شناسایی گونه‌ها در مناطق جنگل‌کاری شده (رفیعیان، ۱۳۸۹) در عرصه جنگل‌های ایران قلمداد نمود. ازجمله بهترین تصاویر رقومی هوایی معمول، می‌توان به داده‌های UltraCam-D اشاره نمود که با داشتن ٤ باند طیفی با توان تفکیک رادیومتری و مکانی بسیار زیاد (۱۲ بیت و با اندازه پیکسل چند سانتی‌متر و بیش‌تر)، منبع اطلاعاتی بسیار با ارزشی در جنگلداری به شمار می‌رود. در این نوع تصاویر که اندازه پیکسل‌ها از بسیاری از پدیده‌ها کوچک‌تر است؛ و به‌کارگیری اطلاعات ترکیبی هم وجود دارد، بکار گیری روش شئ-پایه در فرآیند طبقه‌بندی ازنظر تئوری منطقی‌تر به نظر است (درویش‌صفت و همکاران، ۱۳۸۹). در این روش ابتدا تصویر قطعه‌بندی شده و هر قطعه یا پدیده تصویری به‌عنوان یک شی معنی‌دار شناخته می‌شود (گو[1] و مس، ۲۰۰۸). معیارهای فرآیند قطعه‌بندی به‌وسیله شاخص‌هایی نظیر مقیاس، اندازه، شکل، هموار‌ی، فشردگی و وزن دهی باندهای ورودی تنظیم می‌شود (شتایی، ۱۳۸۲؛ گریفد[2]، ۲۰۰٦). بعد از قطعه‌بندی اطلاعات توصیفی هریک از قطعات نظیر میانگین و انحراف معیار بازتاب‌ها، شکل، مساحت، بافت و غیره از تصویر استخراج شده و بر اساس این اطلاعات، قطعات مورد طبقه‌بندی قرار می‌گیرند. روش شی پایه به‌ویژه در مناطق جنگلی تغییرات طیفی درون طبقه‌ای ناشی از تفاوت بافت در تاج درختان، فواصل بین تاج‌ها و سایه را کاهش داده و با ایجاد قطعات همگن، ضمن رفع مشکل فلفل-نمکی شدن تصاویر طبقه بندی شده، امکان لحاظ کردن همزمان ویژگی‌های طیفی و هندسی (مانند شکل، اندازه، بافت و همراهی) را فراهم می‌آورد (یو[3] و همکاران، ۲۰۰٦). تحقیقات زیادی با استفاده از روش شئ-پایه برای تهیه نقشه پوشش گیاهی با داده‌های مختلف صورت گرفته است (باتز[4] و اسکیب، ۱۹۹۹؛ لالیبرت[5] و همکاران، ۲۰۰٤). در ایران با فراهم شدن امکان دسترسی به تصاویر دوربین رقومی UltraCam-D از جنگل‌های شمال کشور، کیفیت و کاربرد این تصاویر تنها در

[1] Gao & Mas
[2] Griffth
[3] Yu et al
[4] Baatz & Schape
[5] Laliberrt

پژوهش‌های معدودی (رفیعیان، ۱۳۸۹ و شبانی پور، ۱۳۹۰) مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. ولی پژوهش رفیعیان با این تصاویر در جنگل‌کاری سوزنی‌برگ و پهن‌برگ و پژوهش شبانی پور در پارک جنگلی بوده است. با عنایت به تجربه جدید برداشت تصاویر رقومی از برخی مناطق جنگلی و شهری در ایران و با توجه به تفاوت بنیادی این نوع داده‌ها با تصاویر ماهواره‌ای، ضروری بود که بررسی‌های دقیق و همه جانبه ازلحاظ شناخت ویژگی‌های کلی روش تصویربرداری آن انجام شده و ساختار و احتمال وجود خطای هندسی و رادیومتری و نیز روش‌های متداول تصحیحات هندسی و رادیومتری این نوع تصاویر، معرفی شوند و در قدم بعدی، با اجرا و آزمون روش‌های مناسب طبقه‌بندی و استخراج اطلاعات قابل ارائه از این داده‌ها روشن گردد.

تحقیق حاضر، در شناسایی و تهیه نقشه ترکیب گونه‌های جنگل (متفاوت از روش مستقیم تعیین تیپ جنگل) به ارزیابی قابلیت این داده‌ها و روش شئ-پایه، به‌عنوان اولین تحقیق در این زمینه در جنگل-های طبیعی پهن‌برگ شمال کشور در شرایط متفاوت جنگلی می‌پردازد. هدف این تحقیق، بررسی قابلیت تصاویر رقومی هوایی و روش شی پایه جهت تشخیص گونه‌های درختی است. لذا سؤال‌های اصلی این تحقیق عبارتنداز:

۱- آیا تصاویر دوربین هوایی قابلیت تشخیص گونه‌ها را در جنگل‌های پهن‌برگ دارند؟

۲- آیا طبقه‌بندی شی پایه نسبت به پیکسل پایه نتایج طبقه‌بندی را بهبود می‌بخشد؟

### ۱-۱-۱- فرضیه‌های تحقیق

۱- تصاویر دوربین هوایی قابلیت تشخیص گونه‌ها را در جنگل‌های پهن‌برگ دارند.

۲-طبقه‌بندی شی پایه در مقایسه با پیکسل پایه باعث بهبود نتایج طبقه‌بندی می‌شود.

## ۱-۲- کلیات تحقیق

### ۱-۲-۱ ویژگی‌های دوربین رقومی هوایی UltraCam-D

از جولای ۲۰۰۰ جایگزینی دوربین‌های سنتی بر پایه فیلم، با دوربین‌های رقومی و چند طیفی شتاب بیشتری پیدا کرده است. اجلاس ISPRS[1] سال ۲۰۰۰ در آمستردام، شاهد معرفی اولین دوربین‌های رقومی هوایی بزرگ مقیاس (Leica ADS40 و Z/I-Imaging's DMS) و اولین فروش آن‌ها به ژاپن بود (لیبرل[2] و همکاران، ۲۰۰۵). سنجنده این دوربین‌های رقومی، بر پایه[3] (CCD) بنا شده‌اند. هر سنجنده یا تراشه CCD شامل میلیون‌ها خانه مربعی کوچک حساس به نور است؛ که معادل یک پیکسل در تصویر تشکیل شده، هستند. هر خانه مربعی به‌وسیله یک نارسانای محدود و از مربع‌های مجاور تفکیک شده است. نور حاصل از بازتاب پدیده‌ها پس از برخورد به این مربع‌ها، متناسب با شدت آن، به یک سیگنال رقومی قابل شناسایی توسط رایانه تبدیل شده و از کنار هم قرار گرفتن آن‌ها درنهایت تصویری از پدیده‌ها ثبت می‌شود. از مزایای تصاویر هوایی رقومی نسبت به عکس‌های هوایی رقومی آنالوگ می‌توان به مواردی نظیر دسترسی و کنترل همزمان داده‌ها حین تصویربرداری، امکان ذخیره و انتقال آسان حجم زیادی از داده‌ها حین تصویربرداری، امکان ارائه پوشش مشترک طولی بیشتر بدون صرف هزینه اضافی، تصویربرداری چند طیفی و ارائه تصاویر رنگی طبیعی و کاذب، تولید تصاویر با توان تفکیک رادیومتری ۱۲ بیت یا بیشتر، وضوح بهتر تصاویر نسبت به فیلم اسکن شده، هندسه داخلی بهتر، امکان اعمال تصحیحات و پردازش‌های خودکار و سازگاری با روش‌های فتوگرامتری فعلی البته با امکانات بیشتر اشاره نمود.

در این راستا دوربین UltraCam-D در سال ۲۰۰۳ توسط شرکت اتریشی Vexcel به بازار عرضه شد که یک دوربین رقومی هوایی ۹۰ مگا پیکسلی است و تصاویر را با توان تفکیک رادیومتری بیشتر از ۱۲ بیت ثبت می‌کند (لیبرل و همکاران، ۲۰۰۳). معمولاً این داده‌ها در فایل‌هایی با فرمت ۱۶ بیت ارائه

[1] International Society for Photogrammetry and Remote Sensing
[2] Lerberl
[3] Charge Couple Device

می‌شوند. سنجنده این دوربین جمعاً ۵ باند طیفی را در مجموعه چند طیفی با فاصله کانونی ۱۰۱/٤ میلی‌متر همزمان تولید می‌نمایند (جدول ۱-۱).

**جدول ۱-۱ مشخصات محدوده طیفی باندهای دوربین رقومی UltraCam-D (سهرابی، ۱۳۸۸)**

| باند | محدوده طیفی (نانومتر) |
|---|---|
| آبی | ٤۲۸-٤۹۲ |
| سبز | ۵۳۳-۵۸۷ |
| قرمز | ٦۰۸-٦۲۲ |
| مادون‌قرمز نزدیک | ۷۰۳-۷۵۷ |
| پانکروماتیک | ٤۲۸-۷۵۷ |

اندازه فیزیکی پیکسل ۹ میکرون است؛ که با توجه به فاصله کانونی حدود ۱۰۰ میلی‌متری در باند پانکروماتیک، منجر به ارائه توان تفکیک زمینی زیاد و متناسب با ارتفاع پرواز می‌گردد (رابطه ۱-۱). مثلاً در ارتفاع پرواز ۱۱۲۷، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر، اندازه زمینی پیکسل در این باند به ترتیب معادل ۱۰، ٤/٤ و ۸/۸ سانتی‌متر است (لیبرل و گروبر[1]، ۲۰۰۵).

رابطه (۱-۱)

$$GSD=P.H/F$$

GSD = اندازه زمینی پیکسل برحسب میلی‌متر

P = اندازه فیزیکی پیکسل برحسب میکرون

H = ارتفاع پرواز به متر

F = فاصله کانونی عدسی به میلی‌متر

[1] Gruber

سنجنده UltraCam-D بر پایه فریم است، یعنی همانند دوربین عکس‌برداری معمولی تمامی یک ناحیه را همزمان و به‌صورت نسبتاً پیچیده‌ای برداشت می‌کند (لیبرل و گروبر، ۲۰۰۵). این دوربین شامل ۸ جز مستقل است که مخروط نامیده می‌شوند. چهار عدد از این مخروط‌ها تصویر پانکروماتیک و چهار مخروط دیگر تصاویر چند طیفی را تهیه می‌کنند (شکل ۱-۱ (الف)). مخروط‌ها دارای ۱۳ سنجنده هستند و کار تصویربرداری در باندهای مختلفی طیفی را انجام می‌دهند. بخش چند طیفی شامل ٤ سنجنده (به ازای هر باند یک سنجنده) و بخش پانکروماتیک شامل ۹ سنجنده (مخروط ۱ دارای چهار عدد، مخروط ۲ و ۳ هرکدام دارای دو عدد و مخروط ٤، یک سنجنده) است (شکل ۱-۱ (ب)). هر یک از ۹ سنجنده بخش پانکروماتیک، یک قسمت را تصویربرداری می‌کنند و مجموع آن‌ها تصویر پانکروماتیک را تشکیل می‌دهد (معصومی، الف ۱۳۸۵، علوی پناه، ۱۳۸۸، رفیعیان، ۱۳۸۹، لیبرل و همکاران، ۲۰۰۳). پوشش مشترک طولی تصاویر به‌طور معمول حدود ٦۰ تا ۸۰ درصد است که در مواقع لزوم مانند تصویربرداری از شهرهای کوچک می‌تواند تا ۹۰ درصد و حتی ۹۵ درصد نیز افزایش یابد (لیبرل و گروبر، ۲۰۰۵؛ رفیعیان، ۱۳۸۹). تصاویر به دست آمده از عملیات هوایی، سطوح تصحیحات مختلفی را پشت سر می‌گذارند (لیبرل و همکاران، ۲۰۰۳). البته این داده‌ها در کنار محاسن و مزایای بسیار، مانند سایر داده‌های سنجش‌ازدوری با محدودیت‌هایی نیز روبه‌رو هستند که در هنگام تجزیه‌وتحلیل باید مدنظر قرار گیرند. علاوه بر موارد ذکرشده در خصوص تأثیر عوامل مختلف بر بازتاب پدیده‌ها، در این تصاویر مشکلات مربوط به‌عکس هوایی ازجمله خطای جابجایی شعاعی شدید که منجر به تشکیل تصویر جانبی تاج درختان به‌جای تصویر عمودی در گوشه‌های فریم می‌گردد، نیز بسیار مشهود است همچنین وقتی اشعه خورشید به‌صورت مایل بر درختان می‌تابد، طرف رو به خورشید روشن‌تر از طرف مقابل است. در حالی که هر دو یک پدیده‌اند (رفیعیان، ۱۳۸۹). این مشکل زمانی دوچندان می‌شود که تاج درختان به هم متصل نبوده و فضای بین آن‌ها نیز در اثر سایه تیره شده باشد. ضمن اینکه بازتاب‌های هر فریم به دلیل شرایط نوردهی متفاوت مستقل از فریم کناری بوده و یک پدیده در دو فریم نیز، با ویژگی‌های طیفی کاملاً متفاوتی ظاهر می‌شود.