

بررسی امکان تهیه نقشه خشکیدگی تک‌درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Rapideye و Aster-L1B

سارا ذاکری انارکی^۱ و سید رشید فلاح شمسی^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی، مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه شیراز

^۲ استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه شیراز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۳۰)

چکیده

مسئله‌ای که امروزه برخی توده‌های جنگلی را در ناحیه رویشی زاگرس تهدید می‌کند، وقوع خشکیدگی در درختان بلوط ایرانی است. در سال‌های اخیر، توده‌های بلوط ایرانی در منطقه دشت برم استان فارس نیز با خشکیدگی شدیدی مواجه بوده‌اند. در حفاظت و مدیریت این جنگل‌ها، به‌کارگیری سنجش از دور ماهواره‌ای تا حد زیادی از دشواری و هزینه‌های تشخیص این پدیده به‌روشنی می‌کاهد. تاکنون استفاده از تصاویر ماهواره‌ای رایج با تفکیک مکانی و طیفی متوسط مانند تصاویر Aster- به تنهایی - در تشخیص خشکیدگی تک‌درختان در مقایسه با خشکیدگی در سطح توده‌های جنگلی نتایج رضایت‌بخشی را نشان نداده است. در پژوهش حاضر، قابلیت‌های مکانی تصاویر سنجنده جدید Rapideye در کنار سنجنده چندطیفی Aster-L1B در تشخیص خشکیدگی تک‌درختان بلوط بررسی شده است. همچنین از روش‌های پردازش تصویر چندسنجنده‌ای، طبقه‌بندی نظارت‌شده و آزمون‌های تفکیک‌پذیری طیفی به‌فراوانی استفاده شده است. نتیجه بررسی صحت نشان می‌دهد که صحت کلی و ضریب کاپای نقشه خشکیدگی تک‌درختان برای تصاویر Aster به ترتیب ۷۵ و ۵۶ درصد است و فنون تلفیق تصاویر چندسنجنده‌ای به‌کار رفته، به‌ویژه به روش گرام-اشمیت چندسنجنده‌ای آن را تا ۹۴ و ۸۸ درصد افزایش می‌دهد. تصاویر Rapideye به تنهایی نیز به ترتیب معیارهای صحت ۹۷ و ۹۴ درصد را ارائه می‌کند که نشان‌دهنده قابلیت اختصاصی باند لبه قرمز در شناسایی موضوعات ناشی از ماهیت فیزیولوژیکی پوشش‌های گیاهی مانند خشکیدگی است.

واژه‌های کلیدی: بلوط ایرانی، تک‌درخت، جنگل‌های زاگرس، نقشه خشکیدگی، Rapideye، Aster-L1B.

مقدمه و هدف

ناحیه رویشی زاگرس به دلایل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی، منطقه‌ای مهم و راهبردی به‌شمار می‌رود. مسئله‌ای که امروزه گستره جنگل‌های بلوط زاگرس را در معرض تهدید قرار داده است، بروز خشکیدگی درختان و به‌تبع آن رواج برخی آفات و بیماری‌ها در این جنگل‌ها است. اگرچه هنوز دلیل قطعی برای این مسئله به اثبات نرسیده است، برخی پژوهشگران عوامل مستعدکننده مانند دخالت مستمر انسان، عوامل شروع‌کننده مانند عوامل اقلیمی، و عوامل شرکت‌کننده مانند آفات و امراض را سبب خشکیدگی درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) می‌دانند (حمزه‌پور و همکاران، ۱۳۹۱). در این میان، شناسایی خشکیدگی در توده‌های جنگلی، موضوع مهمی است که به‌دلیل گستردگی و تنوع توپوگرافی تعیین آن از طریق پیمایش و عملیات میدانی به‌سهولت امکان‌پذیر نیست. از این‌رو استفاده از فنون سنجش از دور که همزمان از قابلیت‌های تشخیص مکانی و طیفی خوبی برخوردارند در تشخیص توده‌های آسیب‌دیده، درخطر و سالم کمک مؤثری به‌شمار می‌رود (فلاح شمسی و همکاران، ۱۳۹۱). بر پایه برآوردها و مشاهدات میدانی در برخی مناطق، به‌طور متوسط ۲۰ تا ۳۰ درصد از درختان بلوط دچار عارضه خشکیدگی شده‌اند که از علائم آن می‌توان به ریزش برگ‌ها و خشکیدگی کامل تاج اشاره کرد (پیرزادیان، ۱۳۹۱). در مورد وقوع این‌گونه رخدادها طبیعی که با عوارض و عواقبی چون اپیدمی آفات نیز همراه است، پیشگیری، شناسایی به‌موقع و اقدامات کنترل‌کننده، بیش از دیگر اقدامات مدیریتی اهمیت دارند. به‌این‌منظور، به‌کارگیری فناوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای مناسب برای شناسایی گستره خشکیدگی، بررسی تغییرات و تشخیص الگوهای مکانی توده‌های مواجه با خشکیدگی، می‌تواند گام مؤثری در تشخیص سریع خشکیدگی توده‌ها، کنترل و پیشگیری از گسترش عوارض در میان توده‌های

سالم باشد. تصاویر ماهواره‌ای رایج در مطالعات منابع زمینی، صرف‌نظر از ویژگی‌های شایان توجه عمومی که در بین آنها مشترک است اغلب دارای توانایی‌های طیفی، مکانی یا رادیومتری خاصی نیز هستند که از ویژگی‌های منحصربه‌فرد آنها محسوب می‌شود. در بسیاری از موضوعات منابع زمینی یک سنجنده با ویژگی‌های خاص از پیش طراحی شده خود، می‌تواند به تنهایی توقعات مورد نظر در یک تحقیق را تامین کند. برای مثال، در تشخیص تغییر رفتار طیفی ناشی از بیماری در توده‌های جنگلی درختان سوزنی‌برگ از تصاویر سری زمانی Rapideye استفاده شده و با تولید شاخص نرمال‌شده تفاوت^۱ مبتنی بر استفاده از باند لبه قرمز الگوی پراکنش مکانی بیماری مدت کوتاهی پس از وقوع تشخیص داده شده است (Eitel et al., 2011). به استفاده از قابلیت‌های سنجنده Rapideye در برخورداری از باند چهار (لبه قرمز^۲) که به رفتارهای فیزیولوژیک گیاهان حساس است در تشخیص عوارض هجوم آفات و بیماری‌ها در جنگل‌های آلمان نیز توجه شده و شاخص‌های مبتنی بر این باند بهترین شاخص‌های تشخیصی معرفی شده‌اند. بررسی تحقیقات دیگر پژوهشگران نشان می‌دهد که استفاده از سنجنده‌های حساس به نواحی طیفی معرف رفتارهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش مؤثر و مهمی در شناسایی بیماری‌ها و آفات گیاهی دارد. در ایران نیز تحقیقات کاربردی مشابهی با موضوع شناسایی الگوی گسترش مکانی خشکیدگی درختان بلوط ایرانی در توده جنگلی زاگرس انجام گرفته و بر قابلیت این تصاویر و شاخص‌های پوشش گیاهی مبتنی بر باند لبه قرمز تاکید شده است (فلاح شمسی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج این تحقیق مؤید صحت قابل قبول نتایج حاصل از تصاویر ماهواره‌ای و انطباق آن بر نتایج شیوه‌های مبتنی بر عملیات میدانی (حمزه‌پور و همکاران، ۱۳۹۱؛ نوشادی، ۱۳۹۱) بوده است. البته در

1. Normalized Difference Index
2. Red Edge

برخی از این پژوهش‌ها، برای تلفیق تصاویر با قدرت تفکیک زیاد مانند تصاویر پانکروماتیک سنجنده‌های مختلف با تصاویر چندطیفی با قدرت تفکیک طیفی گسترده اقدام شده است (Chavez *et al.*, 1991; Nikolakopoulos, 2008; Kempeneers *et al.*, 2011). این در حالی است که در برخی دیگر از پژوهش‌ها، در کنار ترکیب تصاویر با قدرت تفکیک بالا با تصاویر چندطیفی نسبت به تلفیق تصاویر چندطیفی با تصاویر چندطیفی با قدرت تفکیک زیاد نیز توجه شده است (Svab & Ostir, 2006). برخی از پژوهشگران به فنون آماری تلفیق مانند تجزیه مؤلفه‌های اصلی در بین داده‌های چندطیفی تأکید کرده‌اند و آن را از تلفیق تصاویر چندطیفی و تصاویر با قدرت تفکیک زیاد مانند تصاویر پانکروماتیک مؤثر برتر می‌شمارند (Cakir & Khorram, 2008). به‌کارگیری فنون تلفیق در تهیه نقشه‌های موضوعی مربوط به جنگل‌ها در پژوهش‌های مختلف بررسی شده است. حسینی و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی اثر تجزیه مؤلفه‌های اصلی در برآورد قابلیت تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM+ اظهار داشتند، باندهای مادون قرمز نزدیک و میانی، اهمیت زیادی در تهیه نقشه جنگل دارند. مرادی و همکاران (۱۳۸۸) قابلیت داده‌های ماهواره SPOT و LISS III ماهواره IRS-P6 را در تهیه نقشه جنگل و تفکیک محوطه‌های جنگلی گلازنی شده در زاگرس شمالی (بانه) ارزیابی کردند. در این تحقیق، باندهای ادغام‌شده با صحت کلی ۶۵ درصد، از بیشترین صحت در طبقه‌بندی به‌روشن حداکثر احتمال برخوردار بودند. رشیدی و همکاران (۱۳۸۷) بهبود صحت طبقه‌بندی تیپ‌های جنگل را با استفاده از ادغام داده‌های ماهواره‌ای لندست در طرح جنگلداری آذررود، سوادکوه مازندران ارزیابی کردند. در این تحقیق، طبقه‌بندی تصاویر با به‌کارگیری تلفیق در مقایسه با نتایج طبقه‌بندی بدون اعمال روش تلفیق به صحت بیشتر نقشه جنگل منجر نشده و تکرار تحقیق با استفاده از سایر روش‌های تلفیق پیشنهاد شده است.

موضوعاتی مانند خشکیدگی در جنگل‌های تنک بلوط ایرانی، تداخل طیفی بازتاب زمینه ناشی از زیراشکوب شخم‌خورده، کشت‌شده با تنوع خاک، سنگ و فیزیوگرافی از یک‌سو و اثر تدریجی خشکیدگی بر فیزیولوژی این درختان از سوی دیگر بر رفتار طیفی توده‌های جنگلی مؤثر است. در نتیجه انتظار نمی‌رود یک سنجنده به تنهایی با برخورداری همزمان از قابلیت تفکیک مناسب رادیومتری، طیفی و مکانی، به‌خوبی زمینه‌های شناسایی این رخداد را فراهم آورد. این که یک سنجنده همزمان توان تفکیک مکانی و طیفی زیادی داشته باشد، مطلوب است، اما از آنجایی که تاکنون این امر به‌طور کامل محقق نشده، استفاده از قابلیت‌های حاصل از مطالعات چندسنجنده‌ای رایج و معمول شده است. از این‌رو در چنین شرایطی، در کنار بهره‌گیری از قابلیت هر یک از سنجنده‌ها به تنهایی، اغلب استفاده از فنون پردازش تصویر چندسنجنده‌ای مانند فنون تلفیق تصاویر برای سود جستن از قابلیت‌های زیاد تفکیک مکانی از یک تصویر (تک‌بندی) در کنار قابلیت‌های مناسب طیفی با تصاویر دیگر (چندطیفی) توصیه شده است (درویش‌صفت، ۱۳۸۱). روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA)، روش IHS، روش MIHS و WT از معروف‌ترین روش‌های تلفیق تصاویر ماهواره‌ای به‌شمار می‌روند (Munoz-Robles *et al.*, 2012). نتایج پژوهش‌های گوناگون در تلفیق تصاویر ماهواره‌ای با کاربرد در شناسایی منابع زمینی مؤید این نکته است که فنون تلفیق، اغلب سبب افزایش صحت نتایج طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای شده است (Kempeneers *et al.*, 2011; Yuhendra *et al.*, 2012; Colditz *et al.*, 2006; Pohl & Van Gender, 1998; Melgani & Serpico, 2002). این سؤال که آیا استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مختلف، به بهبود تشخیص پدیده‌های مورد نظر در علوم زمین منجر می‌شود یا نه، و اینکه در میان انبوهی از فنون پردازش، کدام یک از آنها می‌تواند نتیجه بهتری را در دستیابی به نتایج مورد نظر حاصل کند، در تحقیقات گوناگونی بررسی شده است. در

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی (دشت برم) در محدوده جغرافیایی "۵۹°۴۹'۵۱" تا "۵۱°۵۱'۵" طول شرقی و "۴۱°۳۳'۲۹" تا "۳۶°۳۵'۲۹" عرض شمالی واقع شده است مساحت این منطقه ۶۱۷/۷ هکتار است در ۲۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان کازرون و در مسیر کازرون به شیراز قرار دارد. این منطقه بخشی از جنگل‌های زاگرس فارس است که در خشکسالی‌های اخیر با خشکیدگی مواجه بوده است. گرچه جنگل‌های نیمه‌خشک استان فارس با عوامل متعددی از آتش‌سوزی، تغییر کاربری، قطع درختان، چرای بیش از حد دام‌های ساکن و عشایری مواجه‌اند، لیکن در این منطقه به دلیل اجرای طرح صیانت از جنگل، تغییرات با منشأ انسانی در ساختار اشکوب فوقانی مشاهده نمی‌شود و پدیده خشکیدگی درختان بلوط اغلب از پیامدهای خشکسالی طولانی سال‌های اخیر محسوب می‌شود. منطقه مورد بررسی یک منطقه حفاظت‌شده است. در سال‌های اخیر به غیر از خشکیدگی، با تغییر تعداد پایه‌ها و جست‌گروه‌ها مواجه بوده است. شکل ۱ نمایی از درختان سالم و خشکیده را در جنگل بلوط ایرانی دشت برم استان فارس نشان می‌دهد.

برازمند و همکاران (۱۳۹۰) امکان شناسایی درختان سرخشکیده را با استفاده از روش‌های تلفیق تصاویر ماهواره‌ای کویک‌برد در جنگل کلاته گرگان بررسی کردند. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که شناسایی درختان سرخشکیده پهن‌برگ به دلیل بازتاب تاج پوشش درختچه‌ها و گیاهان زیراشکوب و سهم کم بازتاب شاخه‌های خشکیده به روش رقومی دشوار است و نمی‌توان نقشه دقیق پراکنش درختان سرخشکیده را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای تهیه کرد.

از آنجایی که تاکنون استفاده از تصاویر ماهواره‌ای رایج با تفکیک مکانی و طیفی متوسط، مانند تصاویر Aster به تنهایی در تشخیص خشکیدگی تکدرختان در مقایسه با خشکیدگی در سطح توده‌های جنگلی نتایج رضایت‌بخشی را نشان نداده است، پژوهش حاضر به بررسی امکان تشخیص خشکیدگی تکدرختان بلوط با استفاده از قابلیت‌های مکانی تصاویر سنجنده جدید Rapideye در کنار سنجنده چندطیفی Aster-LIB پرداخته است. فرضیه تحقیق این است که استفاده همزمان از تصاویر چندسنجنده و فنون پردازش چندسنجنده‌ای به‌ویژه تلفیق تصاویر در مقایسه با استفاده از تصاویر هر یک از سنجنده‌ها به تنهایی در تشخیص خشکیدگی تکدرختان بلوط به نتایجی با صحت بیشتر منجر خواهد شد.



(ب)



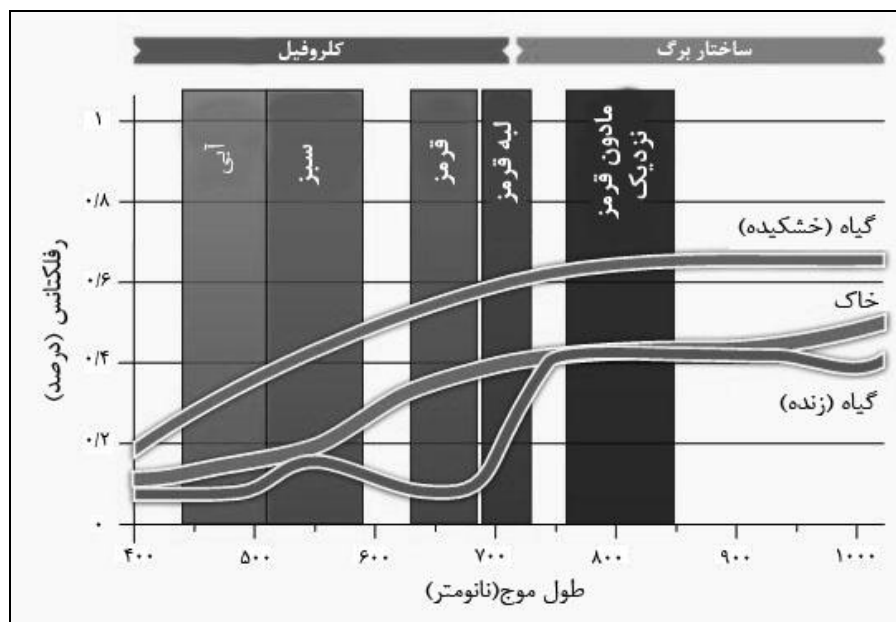
(الف)

شکل ۱- نمایی از درختان، الف) درختان سالم و ب) درختان خشکیده دشت برم استان فارس

- داده‌های تحقیق

در این پژوهش از تصاویر Rapideye متعلق به تیرماه ۱۳۸۹ و تصاویر ماهواره‌ای Aster-L1B متعلق به خرداد ۱۳۸۸ استفاده شده است. با توجه به اجرای طرح صیانت از این منطقه و نظارت مستمر ایستگاه منابع طبیعی در مجاورت منطقه، تغییر پوشش/کاربری در منطقه رخ نداده است و هر دو تصویر در دوره وقوع خشکیدگی درختان بلوط برداشته شده است. اختلاف زمانی یکساله در تغییر وضعیت خشکیدگی تاج تک‌درختان مؤثر نیست و البته عملیات گسترده میدانی مؤید این نکته است. برنامه Rapideye شامل پنج ماهواره است که روزانه سراسر زمین را تحت پوشش تصویربرداری قرار می‌دهند. باندهای طیفی این ماهواره در ناحیه مرئی

۰/۶۸۵-۰/۴۴ میکرومتر، باند طیفی لبه قرمز ۰/۷۳-۰/۶۹ میکرومتر و مادون قرمز نزدیک ۰/۸۵-۰/۷۶ میکرومتر قرار دارند. این ماهواره می‌تواند در طول روز چهار میلیون کیلومتر مربع از سطح زمین را با قدرت تفکیک مکانی پنج متر، در پنج باند طیفی تصویربرداری نماید (Sandau, 2010). از دیگر مزایای این ماهواره می‌توان به قدرت تفکیک رادیومتریکی ۱۲ بیتی و باند طیفی لبه قرمز به‌منظور بررسی نوع و وضعیت سلامت پوشش‌های گیاهی اشاره کرد. شکل ۲ منحنی رفتار طیفی گیاه زنده، خاک و گیاه خشک را در دامنه‌های طیفی سنجنده مذکور نشان می‌دهد.



شکل ۲- رفتار طیفی گیاه زنده، خاک و گیاه خشکیده در دامنه‌های طیفی سنجنده Rapideye (RapidEye, 2011)

پیشرفته با توان تفکیک مکانی متوسط و توان تفکیک طیفی و رادیومتری چندگانه است. تعداد باندهای طیفی قابل برداشت توسط این سنجنده ۱۴ باند شامل سه باند مرئی و مادون قرمز در محدوده طیفی

سنجنده Aster از سکوی Terra، امواج بازتابی و ساطع‌شده از اجسام را در دامنه وسیعی از انرژی الکترومغناطیسی مرئی تا مادون قرمز و حرارتی ثبت می‌کند. در واقع Aster تصویربردار چندطیفی

چندسنجنده‌ای تصاویر Rapideye و Aster از سه روش رنگ‌مبنا^۱، آماری^۲ و ترکیبی^۳ در تلفیق تصاویر نیز استفاده شده که عبارتند از: تبدیل رنگ Brovey^۴، روش مؤلفه‌های اصلی^۵، روش ترکیبات رنگی (RGB)، روش خلوص-اشباع-ارزش رنگ (HSV)^۶ و روش گرام-اشمیت^۷. در روش‌های مذکور از باندهای ماهواره Aster-L1B به‌عنوان تصویر با قدرت تفکیک مکانی کمتر (قدرت تفکیک طیفی بیشتر) و از باند لبه قرمز ماهواره Rapideye به‌عنوان تصویر با قدرت تفکیک مکانی زیاد (قدرت تفکیک طیفی کمتر) استفاده شده است. ایجاد ترکیبات رنگی با بهره‌گیری از باندهای قرمز و مادون قرمز ماهواره Aster-L1B و باند لبه قرمز در ماهواره Rapideye انجام گرفته است. به‌منظور استفاده از فنون پردازش‌های چندسنجنده‌ای، تصاویر این دو سنجنده از نظر تفکیک مکانی و رادیومتری سازگار و هم‌اندازه شده‌اند. با توجه به دستاوردهای عملیات میدانی، نسبت به تعریف نمونه‌های تعلیمی طبقات مورد نظر اقدام شده است. پس از تهیه تصاویر حاصل از تلفیق و تعریف نمونه‌های تعلیمی هدف، به‌منظور تعیین قابلیت هریک از سنجنده‌های مذکور و تأثیر فنون پردازش تصویر بر تفکیک‌پذیری طبقه‌های مورد نظر از معیار فاصله جفری-ماتوسیا^۸ (Richards, 1999) استفاده شده است. در این روش؛ تفکیک‌پذیری طبقه‌ها نسبت به هم بر مبنای نمونه‌های تعلیمی هریک از طبقات و بر اساس محاسبات آماری در یک دامنه عددی بین ۲- تا ۲ تعیین می‌شوند. بر اساس نتایج این محاسبات می‌توان در صورت لزوم، در زمینه چگونگی ادغام طبقه‌ها نیز تصمیم گرفت (درویش‌صفت، ۱۳۷۷).

۰/۵-۰/۱۸۶ میکرومتر با قدرت تفکیک زمینی ۱۵ متر، شش باند با طول موج کوتاه در محدوده طیفی ۱/۶-۲/۵ میکرومتر با قدرت تفکیک زمینی ۳۰ متر و پنج باند مادون قرمز حرارتی در محدوده ۸-۱۲ میکرومتر با قدرت تفکیک زمینی ۹۰ متر است (Abrams & Hook, 2003).

- روش تحقیق

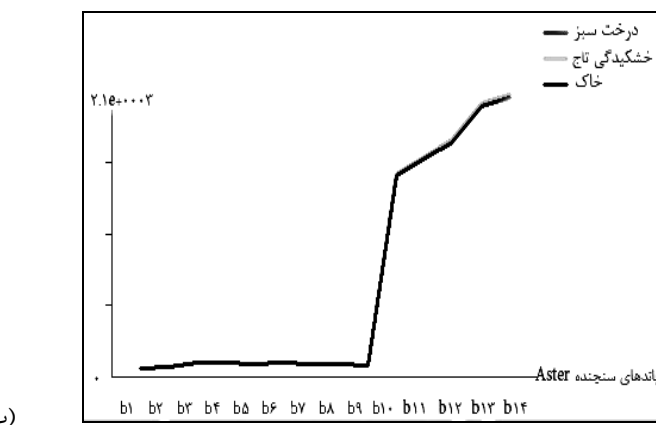
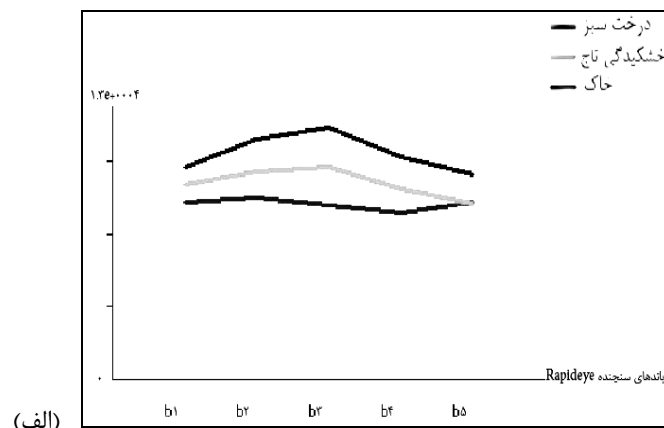
در آغاز، تصاویر ماهواره‌ای Rapideye با انتخاب ۳۰ نقطه کنترل زمینی و به روش نزدیک‌ترین همسایه از نظر هندسی نسبت به تصویر ماهواره‌ای Aster-L1B به روش تصویر به تصویر تصحیح شدند که خطای مجذور مربعات ۰/۲۳ پیکسل به‌دست آمد. تصویر Aster، خود از پیش با استفاده از نقشه توپوگرافی و نقاط کنترل زمینی با دقت زیر ۰/۵ پیکسل اصلاح شده بود. پس از آماده‌سازی تصاویر، از طریق عملیات میدانی نسبت به تهیه نمونه‌های تعلیمی لازم برای طبقه‌بندی، با سه طبقه درختان سالم، درختان خشکیده، خاک فاقد پوشش مبادرت شده است. دو طبقه درختان سالم و خشکیده به‌عنوان طبقات هدف تحقیق و طبقه خاک فاقد پوشش به‌منظور افزایش تفکیک‌پذیری و کاهش اختلاط بین طبقه‌ها تعریف شده است. با توجه به تفاوت درجه‌های خشکیدگی در تاج درختان منطقه و نیز تنوع وضعیت پوشش زیراشکوب از جنبه شخم و شیار، کشت، پوشش‌های علفی و مرتعی تلاش شد نمونه‌های تعلیمی از تنوع و تعدد کافی در سطح منطقه برخوردار باشند و دامنه تغییرات طیفی نواحی خشکیده و سالم را در جنگل مورد نظر دربرگیرند. برای بررسی صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی، طی عملیات میدانی در ۳۹ قطعه نمونه دایره‌ای هم‌اندازه به‌عنوان واقعیت زمینی به‌طور تصادفی انتخاب، با GPS ثبت و با عکس‌برداری برای مراحل بعدی تحقیق مشخص شده است. به‌منظور استفاده از قابلیت‌های پردازش

1. Color related techniques
2. Statistical/numerical techniques
3. Combined Approach
4. Brovey (Color Normalized Sharpening)
5. Principle component spectral sharpening
6. Hue-Saturation-Value
7. Gram- Schmidt Spectral sharpening
8. Jeffreys- Matusita Distance (JM)

نتایج

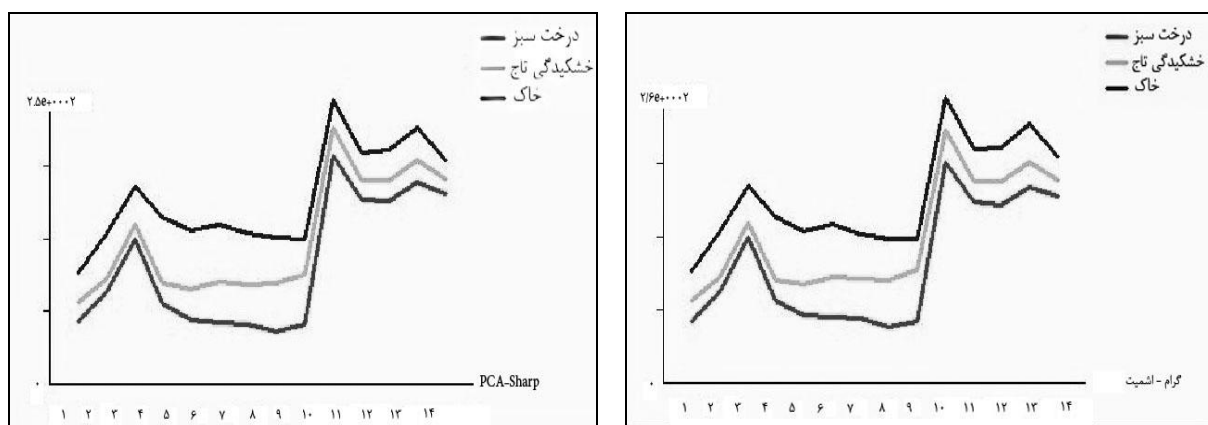
شکل‌های ۳ تا ۵ نمودار تفکیک‌پذیری طیفی را برای نمونه‌های تعلیمی طبقات هدف بر روی تصاویر Aster-L1B, Rapideye و تصاویر حاصل از انواع تلفیق به روش‌های یادشده نشان می‌دهد. نتایج حاصل از معیار جفری- ماتوسیا از تصاویر هر سنجنده و تصاویر تلفیق به روش‌های متعدد نشان داد که تصویر Rapideye توانایی بیشتری در قابلیت تفکیک‌پذیری طبقات دارد. نتایج این آزمون برای ترکیبات مختلف تلفیق دو تصویر ماهواره‌ای در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. همچنین یکی از نتایج طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال در شکل ۶ و نتیجه صحت کلی و ضریب کاپا، به‌کارگیری تصاویر حاصل از تلفیق در عملیات طبقه‌بندی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب مقادیر معیار JM برای طبقات هدف را برای تصاویر اولیه Aster-L1B و Rapideye و برای باندهای حاصل از تلفیق نشان می‌دهد. از میان تصاویر اولیه و ترکیبات حاصل از پردازش تصویر چندسنجنده‌ای، تصاویری که از بهترین تفکیک‌پذیری طیفی و JM برای طبقات هدف برخوردار بودند انتخاب شده و در طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال شرکت داده شدند. شکل ۶ نتیجه طبقه‌بندی را بر روی تصویر اولیه Rapideye با حداکثر صحت کلی و ضریب کاپا نشان می‌دهد. نتایج طبقه‌بندی با استفاده از واقعیت زمینی ثبت‌شده از طریق عملیات میدانی برای ۱۴۹۰ پیکسل انجام گرفته است. در این تحقیق از نرم‌افزارهای ENVI 4.3 و ARC Map 9.3 و IDRISI 14 به‌منظور پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تلفیق تصاویر، عملیات طبقه‌بندی و بررسی صحت استفاده شده است.



شکل ۳- تفکیک‌پذیری طیفی طبقات مورد نظر بر تصاویر:

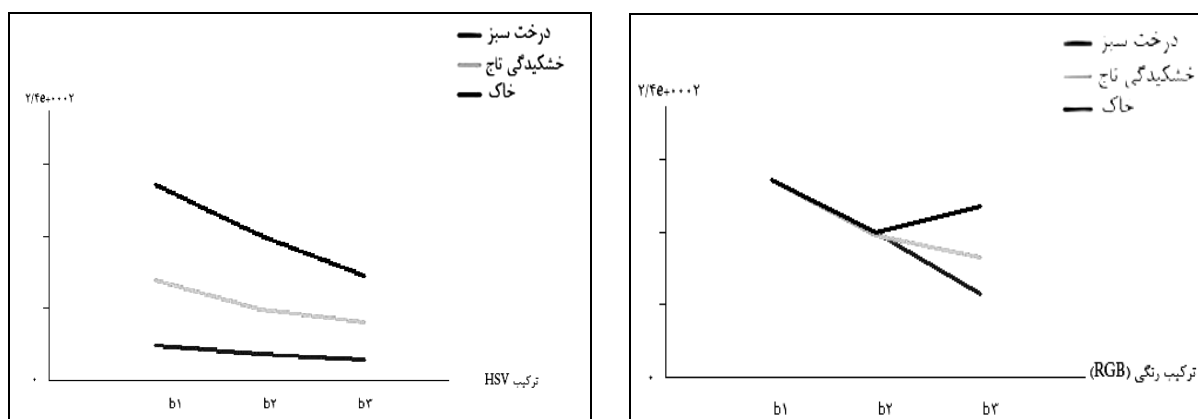
(الف) تصویر Rapideye، (ب) تصویر Aster-L1B



(ب)

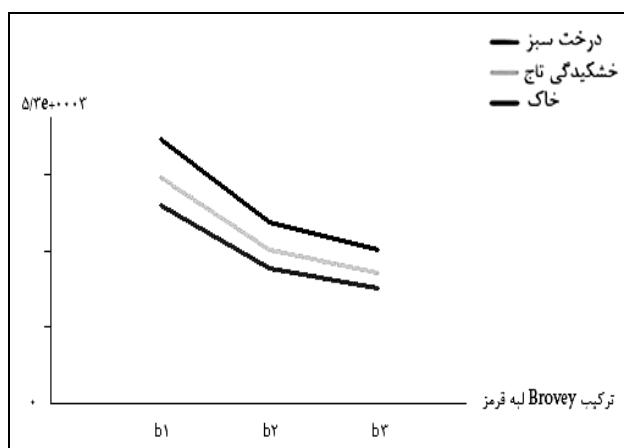
(الف)

شکل ۴- تفکیک پذیری طیفی طبقات مورد نظر بر تصاویر حاصل از تلفیق چندسنجنده‌ای به روش تلفیقی- آماری (الف) گرام- اشمیت، (ب) تجزیه مولفه‌های اصلی



(ب)

(الف)



(ج)

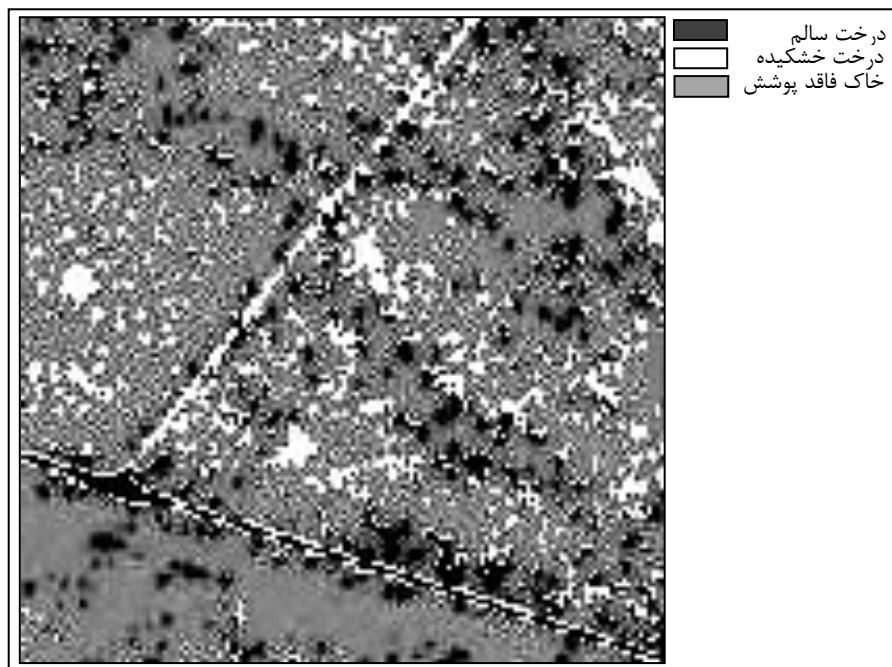
شکل ۵- تفکیک پذیری طیفی طبقات مورد نظر بر تصویر حاصل از تلفیق چندسنجنده‌ای به روش رنگ‌مبنا (الف) ترکیب رنگی RGB، (ب) HSV، (ج) Brovey

جدول ۱- تفکیک‌پذیری طیفی طبقات مورد نظر (میانگین معیار فاصله جفری- ماتوسیا) طبقه‌بندی با استفاده از تصاویر هر سنجنده به‌تنهایی

تصویر Rapideye	تصویر Aster-LIB	طبقات
۱/۷۵	۱/۷۰	درخت سالم- درخت خشکیده
۱/۹۶	۰/۸۷	درخت خشکیده- خاک فاقد پوشش
۱/۵۸	۱/۵۷	خاک فاقد پوشش- درخت سالم

جدول ۲- تفکیک‌پذیری طیفی طبقات مورد نظر (میانگین معیار فاصله جفری- ماتوسیا) طبقه‌بندی با استفاده از تصاویر حاصل از فنون تلفیق

طبقات	Brovey	RGB	PCA	HSV	Gram
درخت سالم- درخت خشکیده	۱/۰۴	۰/۹۹	۱/۷۸	۱/۱۰	۱/۷۶
درخت خشکیده- خاک فاقد پوشش	۱/۴۴	۱/۳۱	۱/۷۸	۱/۴۵	۱/۹۳
خاک فاقد پوشش- درخت سالم	۱/۸۷	۱/۸۰	۱/۹۳	۱/۹۰	۱/۷۹



شکل ۶- نتیجه طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال بر تصاویر Rapideye

جدول ۳- معیارهای صحت کلی و ضریب کاپای حاصل از طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال

ضریب کاپا	صحت کلی	تصاویر به کار رفته در عملیات طبقه‌بندی
۰/۹۴	۰/۹۷	Rapideye تصویر اولیه
۰/۵۶	۰/۷۵	Aster-L1B تصویر اولیه
۰/۸۸	۰/۹۴	Gram-Schmidt
۰/۷۷	۰/۸۸	HSV
۰/۸۸	۰/۹۴	PCA
۰/۷۹	۰/۸۲	RGB
۰/۸۳	۰/۹۱	Brovey

بحث

معیارهای صحت نتایج طبقه‌بندی تصاویر Rapideye، Aster-L1B و تصاویر حاصل از تلفیق در جدول ۳ نشان می‌دهد که فنون تلفیق از تأثیر زیادی بر نتیجه طبقه‌بندی برخوردار است. استفاده از تصویر Rapideye از نظر کمی نتایج مطلوب‌تری حتی نسبت به تصاویر حاصل از تلفیق ارائه می‌کند، هرچند این افزایش صحت از اختلاف چندانی برخوردار نیست. در برخی تحقیقات اشاره شده است که تصاویر یک سنجنده معین نتایج مطلوب‌تری نسبت به تصاویر حاصل از تلفیق ارائه می‌کنند (رشیدی و همکاران، ۱۳۸۷). این در حالی است که استفاده از فنون تلفیق در بسیاری تحقیقات اغلب موجب افزایش صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای شده است (Melgani & Serpico, 2002; Yuhendra *et al.*, 2012; Colditz *et al.*, 2006; Kempenneers *et al.*, 2011; Pohl & Van Gendere, 1998). با توجه به جدول ۳، افزودن قابلیت‌های تفکیک مکانی تصاویر Rapideye به تصاویر چندطیفی Aster از طریق تلفیق، به افزایش زیاد معیارهای صحت طبقه‌بندی (بیش از ۲۰ درصد برای صحت کلی و حدود ۴۰ درصد برای ضریب کاپا) در تشخیص خشکیدگی تکدرختان بلوط، منجر شده است. اما به نظر می‌رسد به دلیل

برخورداری همزمان تصاویر Rapideye از قابلیت طیفی ویژه در کنار افزایش قدرت تفکیک مکانی، این تصاویر خود از نوعی تلفیق ساختاری، و با در اختیار گرفتن باند لبه قرمز از مزایای مشابه یک تصویر چندطیفی مانند Aster سود می‌برند. با توجه به جدول ۱، تصاویر Rapideye نسبت به تصاویر Aster از قابلیت تشخیص و تمایز بیشتری در جداسازی طبقه درختان خشکیده از خاک فاقد پوشش برخوردارند. به نظر می‌رسد حساسیت باند لبه قرمز به رفتار طیفی خاک و ساختار گیاهی و فقدان این باند در تصاویر Aster موجب این مزیت برای تصاویر Rapideye شده است. قابلیت‌های طیفی و مکانی تصاویر Rapideye در تشخیص خشکیدگی تکدرختان بلوط سبب شده است معیارهای صحت نتیجه طبقه‌بندی حاصل به‌کارگیری این تصاویر، اختلاف چندانی با نتایج تصاویر تلفیق نداشته باشند. بنابراین در بررسی موضوعات ناشی از تغییر در فیزیولوژی پوشش‌های گیاهی، تنها در نظر گرفتن توان تفکیک مکانی مناسب سنجنده Rapideye در پیشنهاد آن به‌عنوان تصویری با "تفکیک مکانی زیاد" برای شرکت در فرایند تلفیق، آن هم در حضور باند لبه قرمز، ممکن است نتایجی گمراه‌کننده مبتنی بر

Rapideye به تنهایی نیز قادر به تولید نقشه‌ای با معیارهای صحت ۹۷ و ۹۴ درصد است، شاید از قابلیت‌های منحصربه‌فرد این سنجنده در برخورداری همزمان از ویژگی مطلوب یک سنجنده اختصاصی (قدرت تفکیک مکانی مناسب به همراه قدرت تفکیک طیفی قابل قبول) ناشی شده باشد که باید آن را در تحقیقات موضوعی دیگر بررسی کرد.

سیاسگزاری

از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس که با بذل مساعدت و همکاری خویش، نگارندگان را در اجرای این پژوهش یاری داده‌اند صمیمانه قدرانی و تشکر می‌شود.

منابع

برازمند، سحر، شعبان شتابی جویباری و امید عبدی، ۱۳۹۰. بررسی امکان تشخیص سرخشکیدگی تاج درختان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی (مطالعه موردی: جنگل شصت کلاته گرگان Quick Bird)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۹(۴): ۴۶۶-۴۷۷.

پیرزادیان، ابراهیم، ۱۳۹۱. ضرورت اجرای طرح پیشگیری و کنترل خشکیدگی جنگل‌های بلوط در غرب کشور. انجمن جنگل‌بانی ایران. نخستین همایش ملی جنگل‌های زاگرس (چالش‌ها تهدیدها و فرصت‌ها). شیراز.

حسینی، سید زین العابدین، سید جمال الدین خواجه الدین، حسین آذرینوند، مهدی فرحپور و سید علی خلیل‌پور، ۱۳۸۶. تخمین پوشش و تهیه نقشه درصد پوشش گیاهی مراتع با استفاده از پردازش تصاویر سنجنده ETM+. مجله مرتع، ۱۱(۱): ۷۹-۹۰.

حمزه‌پور، مجتبی، هادی کیادلیری و سید کاظم بردبار، ۱۳۹۱. خشکیدگی درختان بلوط ایرانی (*Q. brantii* Lindl.) ضایعه‌ای جبران‌ناپذیر در جنگل‌های فارس. انجمن جنگل‌بانی ایران. نخستین همایش ملی جنگل‌های زاگرس (چالش‌ها تهدیدها و فرصت‌ها). شیراز.

ناکارامدی فنون تلفیق در چنین مطالعاتی داشته باشند. بنابراین با توجه به اختلاف ناچیز معیارهای صحت ناشی از به‌کارگیری فنون تلفیق با نتایج Rapideye، دست‌کم برای موضوعات مرتبط با رفتارهای فیزیولوژیک پوشش‌های گیاهی شاید بتوان تصاویر این سنجنده را به‌عنوان جایگزین معرفی کرد. با توجه به شکل ۴ با افزودن باندهای سنجنده Rapideye در محدوده مرئی و ابتدای مادون قرمز، تفکیک‌پذیری طیفی طبقات بر روی نمودارهای الف و ب دامنه مذکور به روش گرام - اشمیت و روش تجزیه مولفه‌های اصلی افزایش یافته و خطوط نمودار از یکدیگر فاصله گرفته است که به اثر باندهای سنجنده Rapideye باز می‌گردد. شکل ۴ و جدول ۳ مؤید این نکته‌اند که اثر روش‌های تلفیق رنگ‌مبنا نسبت به روش‌های آماری/ عددی یا ترکیبی از اثر کمتری (حدود ۱۰ درصد) در افزایش معیارهای صحت برخوردارند و تنها فونونی که زمینه‌های ترکیب عمیق داده‌های کمی تصاویر را فراهم آورند، موجب افزایش تفکیک‌پذیری طیفی طبقات می‌شوند. این افزایش برای روش گرام - اشمیت به ترتیب ۲۰ و ۳۲ درصد بیش از به‌کارگیری تصاویر Aster به تنهایی است که رقم شایان توجهی در تهیه نقشه‌های کاربردی منابع طبیعی به‌شمار می‌رود. در شکل ۵ الف که ترکیب رنگی با بهره‌گیری از باندهای قرمز و مادون قرمز ماهواره Aster-L1B و باند لبه قرمز ماهواره Rapideye ایجاد شده است باند لبه قرمز به‌طور واضحی افزایش تفکیک‌پذیری طیفی را برای طبقات مورد نظر نشان می‌دهد. بهره‌گیری از فنون فضای رنگ نیز در شکل ۵ روند رفتارهای طیفی مشابهی را ارائه می‌کنند. باند لبه قرمز با حساسیت به محتوا و غلظت کلروفیل در تشخیص وضعیت سلامت پوشش گیاهی نقش مؤثری ایفا می‌کنند و با تغییر وضعیت نیتروژن و افزایش غلظت کلروفیل شیب در ناحیه طیفی این باند به سمت باند مادون قرمز متمایل می‌شود (Pinar & Curran, 1996). این که تصاویر

- Chavez, P., S.S. Sides & J.A. Anderson, 1991. Comparison of Three Different Methods to Merge Multi-resolution and Multispectral Data: Landsat-TM and Spot panchromatic, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 57(3): 295-303.
- Colditz, R.R., T. Wehrmann, M. Bachmann, K. Steinnocher, M. Schmidt, G. Strunz & S. Dech, 2006. Influence of image fusion approaches on classification accuracy: a case study, *International Journal of Remote Sensing*, 27(15): 3311-3335.
- Eitel, J.U.H., L.A. Vierling, M.E. Litvak, D.S. Long, U. Schulthess, A.A. Ager, D.J. Krofcheck & L. Stoscheck, 2011. Broadband, red-edge information from satellites improves early stress detection in New Mexico conifer woodland, *Remote Sensing of Environment*, 115: 3640-3646.
- Kempeneers, P., F. Sedano, L. Seebach, P. Strobl & J. San-Miguel-Ayanz, 2011. Data Fusion of Different Spatial Resolution Remote Sensing Images Applied to Forest-Type Mapping, *IEEE Transactions on geosciences and remote sensing*, 49(12): 4977-4986.
- Melgani, F. & S. Serpico, 2002. A statistical approach to the fusion of spectral and spatio-temporal contextual information for the classification of remote-sensing images, *Pattern Recognition Letters*, 23: 1053-1061.
- Munoz-Robles, C., P. Frazier, M. Tighe, N. Reid, S.V. Briggs & B. Wilson, 2012. Assessing ground cover at patch and hill slope scale in semi-arid woody vegetation and pasture using fused Quick bird data, *Applied Earth Observation and Geo-information*, 14: 94-102.
- Nikolakopoulos, K.G., 2008. Comparison of Nine Fusion Techniques for Very High Resolution Data, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 74(5): 647-659.
- Pinar, A. & P.J. Curran, 1996. Grass chlorophyll and the reflectance red edge, *International Journal of Remote Sensing*, 17: 351-357.
- فلاح شمسی، سید رشید، سید یوسف عرفانی فرد، مهرداد نگهبان، شهرام احمدی، حمید سلیمانی، محمود معین‌الدین و احسان رنجبر، ۱۳۹۱. شناسایی الگوی گسترش مکانی خشکیدگی در جنگل‌های بلوط ایرانی با استفاده از فنون سنجش از دور. انجمن جنگلبانی ایران. نخستین همایش ملی جنگل‌های زاگرس (چالش‌ها تهدیدها و فرصت‌ها). شیراز.
- درویش‌صفت، علی اصغر، ۱۳۸۱. ادغام داده‌های ماهواره‌ای. همایش ژئوماتیک ۸۱، سازمان نقشه‌برداری کشور. تهران. ۱۳ص.
- درویش‌صفت، علی اصغر، ۱۳۷۷. جزوه درس سنجش از دور. دانشگاه تهران. دانشکده منابع طبیعی، ۱۲۶ص.
- رشیدی، فرحناز، جعفر اولادی و ساسان بابایی کفاکی، ۱۳۸۷. بررسی بهبود صحت طبقه‌بندی تیپ‌های جنگل با استفاده از ادغام داده‌های ماهواره‌ای (مطالعه موردی: طرح جنگلداری آذرود، سوادکوه مازندران)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶(۱): ۲۲-۱۱.
- مرادی، ایوب، جعفر اولادی قادیکلایی، اصغر فلاح و پرویز فاتحی، ۱۳۸۸. ارزیابی قابلیت داده‌های سنجنده IRS-LISS III و SPOT-HRG در شناسایی و تفکیک طبقات گل‌زنی در زاگرس شمالی (مطالعه موردی: جنگل‌های گل‌زنی شده بانه کردستان)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۳): ۴۶۳-۴۵۰.
- نوشادی، حسن، منوچهر نمیرانیان، پدram عطارد، جعفر حسین زاده و شجاعت باباپور، ۱۳۹۱. مقایسه خشکیدگی بین پایه‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد بلوط ایرانی (*Q. Brantii Lindl.*) در جنگل‌های زاگرس میانی (مطالعه موردی: ایلام- آبدانان). انجمن جنگلبانی ایران. نخستین همایش ملی جنگل‌های زاگرس (چالش‌ها تهدیدها و فرصت‌ها). شیراز.
- Abrams, M. & S. Hook, 2003. Aster user Guide, NASA, (2), 135pp.
- Cakir, H.I. & S. Khorram, 2008. Pixel Level Fusion of Panchromatic and Multispectral Images Based on Correspondence Analysis, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 74(2): 183-192.

Pohl, C. & G.L. Van genderen, 1998. Multi-sensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications, *International Journal of Remote sensing*, 19(5): 823-854.

Rapideye, 2011. Satellite Imagery Product Specifications, (3.2), 51pp.

Richards, J.A., 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis, an Introduction, second Edition, Berlin, New York, Springer, 363 pp.

Sandau, R., 2010. Status and trends of small satellite missions for Earth observation, *Acta Astronautica*, 66: 1-12.

Svab, A. & K. Ostir, 2006. High-resolution Image Fusion: Methods to Preserve Spectral and Spatial Resolution, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(5): 565-572.

Yuhendra, S.I., J.T. Alimuddin, J.T. Sumantyo & H. Kuze, 2012. Assessment of pan-sharpening methods applied to image fusion of remotely sensed multi-band data, *Applied Earth Observation and Geo-Information*, 18: 165-175.

An Investigation on Persian oak (*Quercus brantii* Lindl) single tree defoliation mapping, using Rapideye and Aster-L1B Satellite Imageries

S. Zakeri Anaraki¹, and S.R. Fallah Shamsi^{2*}

¹M.Sc. Engineering of Natural Resources, Desert Region Management, Shiraz University, I. R. Iran

²Assist. Prof., Department of Desert Region Management, Shiraz University, I. R. Iran

(Received: 30 January 2012; Accepted: 21 July 2013)

Abstract

Nowadays, Persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) defoliation is one of the main problems, threatening Zagros forest stands. In recent years, the oak stands located in Barm Plain (Fars province) also have been facing with a severe defoliation. To protect and to manage the forest stands, employing satellite remote sensing reduces difficulties and expenses of field-based methods for detecting and delineating the defoliation extents. Using current spatial and spectral moderate resolution satellite imageries such as Asters', by itself, have not resulted satisfactory achievements in detecting the defoliation in single tree level in comparison to forest stand level. In the current research, capabilities of high spatial resolution newly-introduced Rapideye Imagery has been investigated in comparison to multispectral Aster-L1B imagery in order to detecting the oak single tree defoliation. Many multi-sensorial image processing techniques, supervised classification methods and spectral separability analysis have been employed in this research. The results of accuracy assessment indicate that overall accuracy and kappa coefficient of single tree defoliation map, derived from Aster-L1B imagery, were 75% and 56% respectively. The employed image fusion techniques; particularly multi-sensorial Gram-Schmidt's has increased the heuristics up to 94% and 88% in turn. Rapideye imageries, by itself, resulted considerable high accuracy heuristics up to 97% and 94%, seem to be related to its Red Edge capability, specifically designed for detecting themes caused by physiological characteristics of vegetation covers such as defoliation.

Keywords: Aster-L1B, Defoliation mapping, Persian oak, Rapideye, Single tree, Zagros Forests.