

بررسی امکان تهیه نقشه تیپ راش به کمک داده‌های سنجنده ETM+ (مطالعه موردی: جنگل خیرود نوشهر)

علی اصغر درویش صفت^{۱*}، مژگان عباسی^۲ و محمدرضا مروی مهاجر^۳

^۱دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۲دانشجوی دکتری جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۳استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۱۵، تاریخ تصویب: ۸۸/۱/۲۹)

چکیده

به منظور بررسی امکان تهیه نقشه تیپ راش به کمک داده‌های سنجنده ETM+ لندست ۷، داده‌های رقومی این سنجنده از بخش چلیپر جنگل خیرود نوشهر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تطابق هندسی تصاویر، با نقشه‌های رقومی توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ به روش نقاط کنترل زمینی با استفاده از ۱۴ نقطه و دقت مطلوب زیر نیم پیکسل انجام شد. برای برآورد صحت نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، نقشه واقعیت زمینی (نقشه تیپ-های راش) در نوارهایی در ۴۲٪ منطقه، به روش پیمایشی و به صورت کیفی تهیه شد. پس از انجام پردازش و بارسازی‌های مناسب طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با باندهای اصلی و مصنوعی حاصل از نسبت‌گیری، تبدیل مؤلفه-های اصلی، تبدیل تسلدکپ و ادغام، به تیپ‌های راش خالص، راش غالب، راش مخلوط و غیر راش انجام شد. در این راستا خوارزمی‌های مختلف روش نظارت‌شده شامل طبقه‌بندی‌کننده‌های سخت حداکثر تشابه، حداقل فاصله از میانگین و KNN استفاده شد. بالاترین صحت کلی با روش KNN برابر با ۳۵٪ به دست آمد. علت پایین بودن نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، بیشتر مربوط به نوع طبقه‌های مورد نظر و تشابه بازتاب آن‌ها به ویژه تیپ-های راش خالص و غالب بوده است. با ترکیب این دو طبقه با هم و انجام دوباره تجزیه و تحلیل، بالاترین صحت کلی در طبقه‌بندی با سه طبقه، به ۵۱٪ افزایش یافت. بر اساس نتایج این تحقیق، داده‌های طبیعی سنجنده ETM+ از قابلیت خوبی برای تهیه نقشه تیپ راش در جنگل‌های آمیخته و ناهمسال شمال کشور برخوردار نیست که دلیل آن بیشتر مربوط به در نظر گرفته نشدن بازتاب طیفی دیگر گونه‌های همراه در این چنین تیپ‌بندی (تنها بر اساس گونه راش) است.

واژه‌های کلیدی: سنجنده ETM+، واقعیت زمینی، نقشه تیپ راش، طبقه‌بندی.

مقدمه و هدف

نقشه تیپ جنگل یکی از نقشه‌های موضوعی مهم برای برنامه‌ریزی و مدیریت اکوسیستم جنگل است. تهیه نقشه تیپ با استفاده از روش‌هایی مانند کار میدانی یا استفاده از عکس‌های هوایی با صرف زمان و هزینه زیاد همراه است. در مقابل، داده‌های ماهواره‌ای با ویژگی‌های خاص خود، می‌توانند امکان مناسبی را در این زمینه فراهم کنند. از این رو با توجه به تنوع رویشگاه‌های جنگلی و گوناگونی جنگل‌ها از نظر ترکیب گونه‌ای و ساختار، ضروری است که قابلیت این داده‌ها در راستای اهداف مورد نظر مورد بررسی قرار گیرد. با ارائه اولین تصاویر ماهواره‌ای در سال ۱۹۹۲، این چنین تحقیقات در جهان آغاز شد و با توسعه و تکامل ماهواره‌ها به‌ویژه از نظر توان تفکیک طیفی و مکانی و همچنین روش‌های نوین تجزیه و تحلیل، گسترش یافت (Tsuyoshi, et al., 2009; Salovaara, et al., 2005; Shade, 1972). در ایران نیز این چنین بررسی‌ها در مناطق مختلف رویشی و با اهداف گوناگونی در زمینه جنگل انجام شده است و همچنان ادامه دارد. از آن جمله می‌توان به تحقیق ناصری در سال ۱۳۸۲ در مورد قابلیت داده‌های لندست ۷ در زمینه تهیه نقشه تیپ جنگل و برآورد مشخصه‌های کمی آن در مناطق خشک و نیمه-خشک اشاره کرد. در ارتباط با قابلیت داده‌های لندست برای استخراج اطلاعات مفید در جنگل‌های شمال کشور که مورد نظر تحقیق حاضر است، پژوهش‌های مختلفی با هدف‌های گوناگون انجام شده است. رشیدی و همکاران در سال ۱۳۸۷ قابلیت داده‌های لندست ۷ را برای تهیه نقشه تیپ‌های جنگل شامل راش خالص، راش آمیخته، پهن‌برگ آمیخته و خرمندی ارزیابی کردند. صحت کلی ۳۸٪ برای نقشه حاصل از تجزیه و تحلیل این داده‌ها بیان‌کننده قابلیت به نسبت پایین آن است. ستایی و همکاران (۱۳۸۶) با به‌کارگیری روش به نسبت جدید طبقه‌بندی شیء-پایه و اطلاعات غیر طیفی رویشگاهی مانند شیب، جهت و ارتفاع توانستند نقشه تیپ جنگل دقیق‌تری را نسبت به روش‌های متداول طبقه‌بندی تولید و آینده‌امیدبخشی را تصویر

کنند. خرمی و همکاران (۱۳۸۶) در اولین تحقیق در راستای امکان برآورد حجم سرپا در جنگل‌های شمال براساس تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های لندست ۷ را تنها در توده‌های راش خالص واقع در دامنه‌های شمالی مورد بررسی قرار دادند. بر اساس تحلیل رگرسیونی بر پایه ۹۰ قطعه نمونه بزرگ و اعتبار سنجی انجام شده، نتیجه بسیار مثبتی ($r=0.80$, $P < 0.01$) در این توده‌های خالص کسب شد. داغستانی نیز در سال ۱۳۸۷ قابلیت داده‌های سنجنده استر ماهواره ترا را برای برآورد مشخصه‌های کمی توده‌های راش خالص در جنگل‌های شمال بررسی کرد و به این جمع‌بندی رسید که داده سنجنده استر در مقایسه با سنجنده ETM+ دارای قابلیت کمتری برای برآورد مشخصه حجم است. لطیفی و همکاران (۱۳۸۶) با طبقه‌بندی‌کننده حداکثر تشابه نسبت به تفکیک جنگل، اراضی درختچه‌ای و مرتع در جنگل‌های بالابند شمال اقدام و قابلیت این داده‌ها را در حد متوسط (صحت کلی ۶۷٪) ارزیابی کردند. طایفی (۱۳۸۵) و معین‌آزاد (۱۳۸۷) نیز قابلیت این داده‌ها را برای تیپ‌بندی جنگل‌های شمال به روش FCD مورد بررسی قرار دادند. این روش که برای جنگل‌های حاره-ای توسعه یافته، بر پایه استفاده از باند حرارتی و عدم نیاز به نمونه‌های تعلیمی استوار است. هر چند که دو تحقیق یادشده با روشی یکسان و در جنگل‌های به نسبت مشابه انجام شده است ولی نتایج کاملاً متفاوتی را گزارش کرده‌اند. دلیل این تفاوت را بیشتر می‌توان در روش تهیه و کیفیت واقعیت‌زمینی مورد استفاده آنان جستجو کرد.

جایگاه تیپ راش به‌عنوان یکی از ارزشمندترین تیپ‌های جنگل‌های شمال کشور و اهمیت وجود نقشه آن برای برنامه‌ریزان و مدیران بخش جنگل از یک سو و نبودن تحقیقی در ارتباط با قابلیت داده‌های لندست ۷ برای تیپ‌بندی جنگل تنها بر اساس یک گونه از سویی دیگر، ضرورت انجام این تحقیق را مطرح ساخته است.

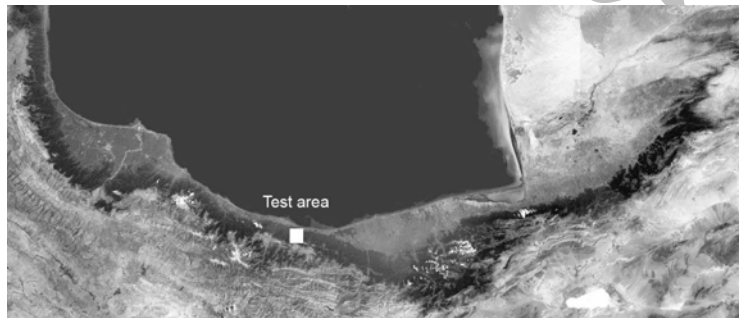
مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ به تاریخ جولای ۲۰۰۱ با سطح تصحیحات سیستمی در شش باند طیفی با اندازه تفکیک ۳۰ متر و یک باند با اندازه تفکیک ۱۵ متر استفاده شد. از نقشه‌های رقومی توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ مربوط به منطقه مورد بررسی برای تهیه نقاط کنترل زمینی مورد نیاز عمل تطابق هندسی تصاویر و عملیات زمینی، استفاده شد.

منطقه مورد بررسی

این تحقیق در نیمه شمالی سری چلیبر از جنگل آموزشی - پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در خیرود نوشهر انجام شده است (شکل ۱). وسعت منطقه، ۷۹۴/۵ هکتار و منطقه جنگلی کوهستانی با کمینه و بیشینه ارتفاع ۷۵۰ و ۱۵۱۰ متر از سطح دریا است. ایجاد اقلیم‌های خرد و محلی ناشی از پستی بلندی‌های زیاد باعث تنوع تیپ در منطقه شده است. گونه اصلی تشکیل‌دهنده تیپ‌ها، راش است و گونه‌های ممرز، توسکا، بلوط، افرا و انجیلی نیز به همراه آن دیده می‌شود. این جنگل پهن‌برگ دارای ساختار دانه‌زاد ناهمسال نامنظم است.

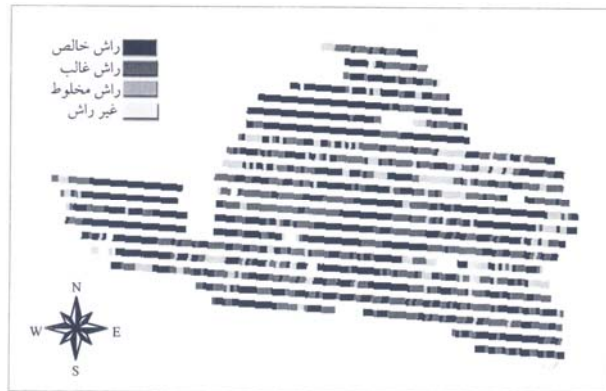


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در نوار جنگل‌های خزری و موقعیت سری چلیبر در جنگل خیرود

روش تحقیق

تهیه نقشه واقعیت زمینی: به منظور تعیین صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای و تعیین قابلیت این داده‌ها، یک نقشه تیپ راش به روش کار میدانی تهیه شد و به عنوان واقعیت زمینی مورد استفاده قرار گرفت. شناسایی تیپ‌ها با تعیین درصد سطح تاج‌پوشش گونه راش به طور نظری انجام شد. این نقشه به صورت نمونه‌ای و با پیمایش نوارهایی به عرض ۶۰ متر و همچنین فاصله ۶۰ متر از یکدیگر تهیه شد. نوارهای مورد برداشت در مجموع ۴۲٪ سطح نیمه شمالی بخش چلیبر را پوشش دادند. ابتدا این نوارها بر روی نقشه توپوگرافی طراحی شدند، سپس با استفاده از نقاط مشخص جنگل، قطب‌نما و متر نوار، ضمن تصحیح شیب بر روی زمین پیاده شدند. خطای به‌نسبت

زیاد گیرنده‌های GPS دستی به‌ویژه در این چنین جنگل‌های متراکم موجب شد تا نتوان از آن در برداشت نوارها استفاده کرد. با پیمایش بر روی نوارها، تیپ‌های راش تعیین و فاصله‌های آن‌ها اندازه‌گیری و بر روی فرم‌ها ثبت شد (عباسی، ۱۳۸۰). با استفاده از نتایج برداشتها و بهره‌گیری از GIS، نقشه واقعیت زمینی شامل چهار تیپ راش خالص، راش غالب، راش مخلوط و غیر راش تهیه شد (شکل ۲). با توجه به ساختار رستری تصاویر ماهواره‌ای و لزوم تجزیه و تحلیل هم-زمان آن‌ها، ساختار این نقشه از برداری به رستری تبدیل شد. به منظور جلوگیری از حذف جزئیات و از دست دادن اطلاعات در این فرآیند، اندازه تفکیک این نقشه، ۱۰×۱۰ متر تعیین شد.



شکل ۲- نقشه واقعیت زمینی که در نوارهایی به پهنای ۶۰ متر و به فاصله ۶۰ متر از هم برداشت شده است.

هندسی به روش اُرتو را منتفی ساخت. از آنجا که هدف تحقیق طبقه‌بندی داده‌ها بود و حفظ اطلاعات موجود در تصاویر اولیه اهمیت زیادی داشت، عمل نمونه‌گیری به روش نزدیک‌ترین همسایه انجام شد (Richards, & Jia, 2006). در این فرآیند اندازه تفکیک مکانی تصاویر، ۱۰ متر و برابر با اندازه سلول نقشه رستری واقعیت زمینی تعیین شد.

پردازش و بارزسازی تصاویر^۲: به منظور استخراج هر چه کامل‌تر اطلاعات از تصاویر، بارزسازی‌های متناسب با هدف بر روی باندهای طیفی انجام شد. از جمله این پردازش‌ها نسبت‌گیری‌های طیفی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، ادغام باند Pan با دیگر باندهای طیفی به روش‌های PCA و IHS و همچنین تبدیل تسلدکپ (Lillesand & Kieffer, 2004) است. تحلیل‌های مؤلفه‌های اصلی تنها بر اساس باندهایی با همبستگی بالا و بر پایه محاسبه همبستگی در محدوده مورد نظر انجام شد.

طبقه‌بندی و برآورد صحت: ابتدا طبقه‌ها با توجه به تعریف‌های تیپ‌بندی که بر اساس درصد سطح تاج-پوشش راش است، تعیین شد (گرچی بحری، ۱۳۷۹). چهار طبقه تعیین شده شامل راش خالص (سطح تاج-پوشش راش بیش از ۹۰ درصد)، راش غالب (سطح تاج‌پوشش راش، ۵۰-۹۰ درصد)، راش مخلوط (سطح تاج‌پوشش راش، ۵۰-۱۰ درصد) و غیر راش (سطح

بررسی کیفیت داده‌های ماهواره‌ای: قبل از هر گونه تجزیه و تحلیل و پردازش، داده‌ها از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور تصاویر در باندهای جداگانه و ترکیب‌های رنگی گوناگون پس از بهبود کنتراست و با بزرگنمایی‌های مختلف بر روی صفحه نمایش رایانه بازبینی شد. همچنین برای بیان میزان خطای راه‌شدگی^۱ در داده‌ها به صورت کمی، میانگین ارزش طیفی خطوط اسکن در منطقه همگنی (دریا) در پنجره‌ای به ابعاد ۲۵۰×۲۵۰ پیکسل محاسبه شد. داده‌ها از نظر وجود خطاهای دیگر مانند وجود پیکسل‌های تکراری در سطر و ستون و جابجایی دسته‌های ۱۶ تایی خطوط اسکن نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

تطابق هندسی تصاویر: به دلیل ضرورت مقایسه داده‌های زمین مرجع مانند نقشه واقعیت زمینی با داده‌های ماهواره‌ای و همچنین استفاده از نقشه حاصل از طبقه‌بندی، لازم است داده‌های ماهواره‌ای مورد تطابق هندسی قرار گرفته و زمین مرجع شود. از این رو تطابق هندسی داده‌ها به روش نقاط کنترل زمینی انجام شد. با انتخاب ۱۴ نقطه با پراکنش مناسب در پنجره مورد نظر از تصاویر در باند Pan، معادله درجه اول تشکیل شد. از همین نقاط کنترل برای تطابق هندسی دیگر باندها نیز استفاده شد. نزدیکی منطقه به خط نادیر تصویر ماهواره‌ای و دامنه ارتفاعی کم آن، ضرورت انجام تطابق

2- Image Enhancement

1- Striping and Banding

گاو سراها بودند استفاده شد. انطباق کامل آن‌ها با تصویر، نشانگر درستی عمل تطابق هندسی انجام شده است.

طبقه‌بندی و تهیه نقشه تیپ راش: با توجه به نتیجه حاصل از طبقه‌بندی که با استفاده از بهترین ترکیب ۵ باندی و طبقه‌بندی کننده KNN به دست آمد بیشترین تداخل طیفی بین طبقه‌های راش خالص و راش غالب بود و طبقه غیر راش نسبت به بقیه طبقه‌ها بهتر تفکیک شد. شکل ۳ (الف) نقشه حاصل از طبقه‌بندی با چهار طبقه راش خالص، غالب، مخلوط و غیر راش را نشان می‌دهد. با ادغام دو تیپ راش خالص و راش غالب و اجرای دوباره تجزیه و تحلیل، صحت کلی از ۳۵٪ به ۵۱٪ افزایش یافت. شکل ۳ (ب) نقشه حاصل از طبقه‌بندی با سه طبقه راش خالص- غالب، راش مخلوط و غیر راش را ارائه می‌دهد.

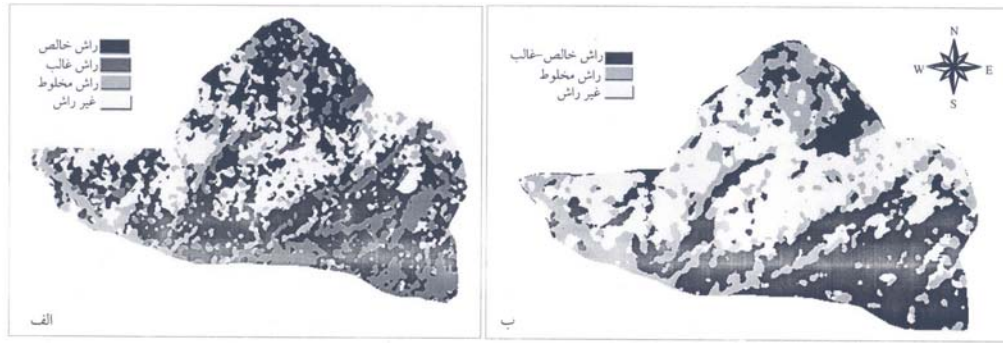
تاج پوشش راش کمتر از ۱۰٪ بودند. این تیپ‌بندی تنها بر اساس میزان حضور گونه راش بوده و به دیگر گونه‌ها توجه نشده است. نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز بر اساس کار میدانی تعیین شدند و براساس آن‌ها و بهترین مجموعه باندها، طبقه‌بندی نظارت شده با خوارزمی‌های حداکثر تشابه، حداقل فاصله از میانگین و KNN^۱ انجام شد. انتخاب بهترین مجموعه باندها بر اساس معیار آماری فاصله باتاچاریا^۲ و بهره‌گیری از نمونه‌های تعلیمی تعیین شد. برای حذف پیکسل‌های منفرد موجود در تصاویر حاصل از طبقه‌بندی‌ها فیلتر نما به ابعاد ۵×۵ پیکسل بر روی آن‌ها اجرا شد. سپس به منظور بررسی صحت نتایج حاصل از طبقه‌بندی داده‌ها، نقشه‌های حاصل در محل نوارهای برداشت، پیکسل به پیکسل با نقشه واقعیت زمینی مورد مقایسه قرار گرفت. از اطلاعات حاصل در جدول‌های اشتباه^۳، معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا^۴ و صحت‌های تولیدکننده^۵ و کاربر^۶ طبقه‌ها محاسبه شد.

نتایج

بررسی کیفیت: در محاسبه خطای راه‌شدگی به‌طور کمی، خطای Banding در هیچ‌کدام از باندها مشاهده نشد و تنها در باند ۴ خطای Striping به میزان ناچیزی (± 0.5 DN) دیده شد. از آنجا که میزان این خطا ناچیز بود اقدامی برای رفع خطای موجود صورت نگرفت.

تطابق هندسی: تطابق هندسی تصاویر که با استفاده از ۱۴ نقطه کنترل با معادله درجه اول انجام شد، با RMSE (ریشه میانگین مربع خطاها) ۰/۵۴ پیکسل در جهت X و ۰/۴۸ پیکسل در جهت Y همراه بود. به منظور کنترل هندسه تصاویر پس از تطابق هندسی از نقشه‌های توپوگرافی رقومی که دارای عوارضی چون جاده‌های جنگلی اصلی و فرعی، آبراهه‌ها و محل

- 1- K Nearest Neighbor
- 2- Bahttacharrya Distance
- 3- Error Matrix
- 4- Kappa Coefficient
- 5- Producer Accuracy
- 6- User Accuracy

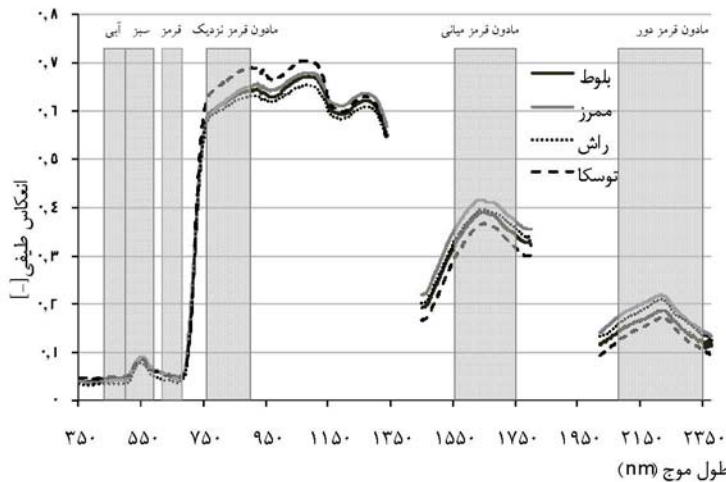


شکل ۳- تصاویر حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای در دو حالت چهار طبقه‌ای (الف) و سه طبقه‌ای (ب)

بحث

آن دانست. چرا که بر اساس پژوهش‌های جدید طیف-نگاری زمینی که بر روی برگ گونه‌های راش، ممرز، توسکا، بلوط و انجیلی انجام شده، بازتاب طیفی این گونه‌ها بسیار به هم شبیه است (عباسی و همکاران، ۱۳۸۸). بر اساس شکل ۴ که نشان‌دهنده تشابه طیفی این گونه‌ها در باندهای طیفی پهن سنجنده ETM+ است، تنها گونه توسکا در باند مادون قرمز نزدیک این سنجنده دارای تفاوت بازتاب به نسبت مشخص از دیگر گونه‌ها است.

هرچند که کیفیت داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده خوب بود و تطابق هندسی آن‌ها نیز با دقت بالایی انجام شد و همچنین از روش‌های طبقه‌بندی استاندارد و شناخته شده استفاده شد، اما نقشه‌های تیپ‌های راش حاصل با صحت‌های کلی برابر با ۳۵ و ۵۱ درصد به ترتیب برای چهار و سه طبقه‌ای، دارای صحت و اعتبار مناسبی نیستند. دلیل اصلی این نکته را می‌توان در تشابه بازتاب طیفی گونه راش با دیگر گونه‌های همراه



شکل ۴- منحنی‌های بازتاب طیفی گونه‌های راش، ممرز، بلوط و توسکا حاصل از طیف‌نگاری زمینی برگ آن‌ها به همراه موقعیت باندهای طیفی سنجنده ETM+ که نشان‌دهنده تشابه طیفی زیاد گونه‌ها است (براساس عباسی و همکاران، ۱۳۸۸).

اهمیت بسیار زیاد گونه راش در جنگل‌های شمال کشور و هدف تحقیق، در این تحقیق تنها بر اساس یک گونه راش و میزان حضور آن در توده، تیپ‌بندی صورت گرفته است و گونه‌های همراه مورد توجه قرار نمی‌گیرد.

دلیل اصلی دیگر این مسئله نوع تیپ‌بندی مورد نظر در این تحقیق است. هرچند که معمولاً تیپ‌بندی توده‌های جنگلی براساس گونه غالب و گونه یا گونه‌های همراه انجام می‌شود (گر جی بحری، ۱۳۷۹) ولی با توجه به

اطمینان کامل از نتایج می‌شود. از این‌رو بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان با اطمینان بیان داشت که داده‌های چندطیفی سنجنده ETM+ و روش‌های متداول تجزیه و تحلیل، امکان تهیه نقشه تیپ راش در این چنین قسمت‌هایی از جنگل‌های شمال را فراهم نمی‌سازند. از این‌رو پیشنهاد می‌شود این چنین تحقیقات بر اساس تیپ‌بندی متداول (دو یا چند گونه‌ای) و با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با توان تفکیک طیفی بهتر، اطلاعات غیر طیفی توصیفی رویشگاهی (شیب، جهت، ارتفاع و ...) (شتایی و همکاران، ۱۳۸۶) و دیگر روش‌های تجزیه و تحلیل مانند تجزیه طیفی خطی و طبقه‌بندی شی- پایه (Tsuyoshi et al., 2009) انجام پذیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بعدی در سطوح وسیع‌تر ضمن تهیه واقعیت زمینی کلی‌تر با حذف تیپ‌های کوچک ادامه یابد.

منابع

خرمی، رضانعلی، علی‌اصغر درویش‌صفت و منوچهر نمیرانیان، ۱۳۸۶. بررسی قابلیت داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ در برآورد موجودی سرپای توده‌های راش (مطالعه موردی: جنگل‌های سنگده) مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۰، شماره ۴، ص ۸۰.

داغستانی، مریم، ۱۳۸۷. بررسی ارتباط برخی مشخصه‌های کمی توده راش خالص با رفتار طیفی آن در داده‌های ماهواره‌ای، رساله دکتری جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، ص ۹۲.

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 آذررود، سوادکوه- مازندران)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶(۱): ۱۱-۲۲.

شتایی، شعبان، علی‌اصغر درویش‌صفت و هوشنگ سبحانی، ۱۳۸۶. مقایسه روش‌های طبقه‌بندی شی-ء-

این نکته به‌ویژه در تیپ‌های راش غالب، راش مخلوط و غیر راش که گونه‌های همراه ۱۰ تا ۹۰ درصد درختان توده را تشکیل می‌دهند دارای اهمیت زیادی است. به‌علاوه تغییر تیپ‌ها در فواصل مکانی اندک در منطقه، باعث تشکیل توده‌هایی با وسعت کم و در نتیجه افزایش تعداد پیکسل‌های مرزی تیپ‌ها شده است. این نکته موجب افزایش پیکسل‌های مخلوط می‌شود که معمولاً نمی‌تواند به‌درستی طبقه‌بندی شود و از این‌رو باعث کاهش صحت طبقه‌بندی می‌شود. سن و تراکم توده نیز از دیگر عوامل مؤثر بر بازتاب طیفی تیپ‌ها است. مورد توجه قرار نگرفتن این دو مشخصه در تیپ‌بندی خود باعث تداخل طیفی توده‌ها و کاهش صحت طبقه‌بندی‌ها می‌شود. چه‌بسا که بازتاب یک توده راش غالب متراکم با بازتاب یک توده راش خالص کم-تراکم برابری نماید. از این‌رو است که (Saxena 1990) *et al.* با در نظر گرفتن عامل تراکم به نتایج بهتری در

تیپ‌بندی دست یافته‌اند. در این تحقیق طبقه‌بندی-کننده KNN نتایج بهتری به مقدار ۳ درصد نسبت به طبقه‌بندی‌کننده متداول حداکثر تشابه ارایه داده است. دلیل این نکته را می‌توان در ضرورت نرمال بودن داده‌ها در روش حداکثر تشابه و نبود حساسیت در روش KNN به این نکته دانست (Haapanen, 2004). ادغام باند Pan با دیگر باندها باعث نمود ظاهری بهتر تصویر شده است، اما کمک چندانی در بهبود نتایج طبقه‌بندی نکرده است. این بیانگر نیاز هرچه بیشتر این چنین تجزیه و تحلیل‌ها به اطلاعات طیفی نسبت به اطلاعات مکانی است.

هرچند که بر اساس تحقیقات انجام‌شده (فلاح شمسی، ۱۳۷۷)، در کاربردهای اجرایی تصاویر ماهواره-ای می‌توان با تهیه نقشه واقعیت زمینی تنها در سطح ۲/۵ درصد منطقه، صحت نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل این تصاویر را به خوبی برآورد نمود، اما به‌دلیل بنیادی بودن این تحقیق، واقعیت زمینی در سطح ۴۲ درصد منطقه با ثبت جزئیات زیاد تهیه شده است. استفاده از این چنین واقعیت زمینی، موجب کسب

گرجی بحری، یوسف، ۱۳۷۹. بررسی طبقه‌بندی، تیپولوژی و برنامه‌ریزی جنگل تحقیقاتی واز، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ص ۱۳۸.

لطیفی، هومن، جعفر اولادی، سعید ساروئی و حمید جلیوند، ۱۳۸۶. ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای ETM+ جهت تهیه نقشه طبقات پوششی "جنگل-راضی درختچه‌ای- مرتع" (مطالعه موردی حوزه نکا-ظالم‌رود-مازندران)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱: ۴۳۹-۴۴۷.

معین‌آزاد تهرانی، سیدمرام، علی اصغر درویش‌صفت و منوچهر نیرانیان، ۱۳۸۷. ارزیابی مدل FCD در برآورد تراکم جنگل با استفاده از داده‌های لندست ۷ در جنگل‌های چالوس، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶(۱): ص ۹۵.

ناصری، فرزین، ۱۳۸۲. طبقه‌بندی تیپ‌های جنگلی و برآورد مشخصه‌های کمی آن‌ها با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جنگل‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: پارک ملی خبر استان کرمان)، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ص ۲۰۲.

پایه و پیکسل پایه تصاویر ماهواره‌ای در طبقه‌بندی تیپ‌های جنگل. مجله منابع طبیعی ایران، ۶(۲): ۸۶۹-۸۸۱.

طایفی، محمد، ۱۳۸۵. ارزیابی مدل FCD به‌منظور تخمین طبقات تراکمی تاج‌پوشش جنگل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز هراز)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ص ۸۹.

عباسی، مژگان، ۱۳۸۰. بررسی امکان تهیه نقشه تیپ‌راش با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ (در سری چلیز جنگل خیرود نوشهر)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ص ۱۱۴.

عباسی، مژگان، علی‌اصغر درویش‌صفت، میکائیل شپمن، محمدرضا مروی مهاجر و هوشنگ سبحانی، ۱۳۸۸. بررسی تفاوت انعکاس طیفی برگ مهم‌ترین گونه‌های درختی جنگل‌های خزری با استفاده از طیف-سنجی زمینی، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، (در دست چاپ).

فلاح شمسی، سیدرشید، ۱۳۷۷. برآورد صحت نقشه‌های حاصل از داده‌های ماهواره‌ای به‌روش نمونه‌گیری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ص ۸۶.

Haapanen, R., M.E. Bauer & A.O. Finley, 2004. Delineation of forest/non forest land use classes using nearest neighbor methods, *Remote Sensing of Environment*, 90: 265-271.

Lillesand, T.M. & R.W. Kieffer, 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 5th Edition, John Wiley & Sons, Chichester, 763 pp.

Richards, J.A. & X. Jia, 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis, An Introduction*, 4th Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 454 pp.

Salovaara, K.J., S. Thessler, R.N. Malik & H. Tuomisto, 2005. Classification of Amazonian primary rain forest vegetation using Landsat ETM+ satellite imagery, *Remote Sensing of Environment*, 97(1): 39-51.

Saxena, K.G., A.K. Tiwari, M.C. Porwal & R.R. Menon, 1990. Vegetation maps, mapping needs and scope of digital processing of Landsat Thematic Mapper data in tropical region of

Sath-West India, *International Journal of Remote Sensing*, 13(11): 2017-2037.

Shade, J., 1972. Ein mehrphasiges Stichprobensystem fuer forstliche Grossrauminventuren gestuetzt auf Landsat-MSS Daten, Luftbilder 1:50000 und ergaenzende terrestrische Messungen, Dissertation, Universitaet Freiburg i. Br.

Tsuyoshi, K., T. Murakami, N. Mizoue, N. Top & S. Yoshida, 2009. Object-based forest biomass estimation using Landsat ETM+ in Kampong Thom Province, Cambodia, *Journal of Forest Research*, 14(4): 203-211.

Investigation on the possibility of beech forest type mapping using Landsat ETM+ data (Case study: Khyrood forest)

A. A. Darvishsefat^{*1}, M. Abbasi² and M. R. Marvi Mohadjer³

¹Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

²Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

³Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 06 December 2008, Accepted: 18 April 2009)

Abstract

In order to investigate the possibility of beech forest type (*Fagetum*) mapping using Landsat ETM+, its data from Chelir district (780 ha) in Khyrood forest, Caspian forests, Iran were analyzed. Geometric registration was applied using 14 ground control points based on digital topographic maps at 1:25000 scale. The RMS error obtained was less than half of an ETM+ pixel. In order to estimate the accuracy of the classified satellite images, a ground truth map covering 42% of the total area, was qualitatively prepared as strips after field inspection. Image classification was performed using original and synthetic bands (rationing, principal component analysis, tasseled cap transformation and fusion) for following four beech forest types: pure beech, dominant beech, mixed beech and non-beech types. Classification was performed using maximum likelihood, minimum distance to mean and KNN classifiers. The highest overall accuracy (35%) was obtained using KNN classifier. The main reason for low overall accuracy can be related to the kind of related classes and also spectral similarity between pure and dominant beech classes. Therefore, these two classes were merged and classification was done again. The highest overall accuracy, considering three classes increased the classification accuracy up to 51%. The results showed that the spectral data of ETM+ do not have a high potential for beech forest type mapping in heterogeneous and uneven-aged Hyrcanian forests, Because the type of considering classes in such a classification is based on one specie (here beech) whereas the abundance of spectral reflectance of other species is neglected.

Key words: Landsat ETM+, Ground truth, Beech forest type map, Classification.