

LISS\_IV

( : ) IRS\_P6

زهرا عزیزی<sup>۱</sup>، اکبر نجفی<sup>۲\*</sup>، پرویز فاتحی<sup>۳</sup> و مهتاب پیرباوقار<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. پست الکترونیک: a.najafi@modares.ac.ir

۳- کارشناس ارشد پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان.

۴- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان.

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۱۰

### چکیده

برآورد حجم سرپای جنگل اهمیت زیادی از نظر کاربردهای آن برای آگاهی از وضعیت جنگل و نحوه عملکرد آن، برآورد میزان تولید، پیش‌بینی و مدل‌سازی فشارهای وارده به جنگل، مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی در جنگل دارد. هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی برآورد حجم سرپای جنگل با استفاده از داده‌های طیفی سنجنده LISS\_IV ماهواره IRS\_P6 در بخشی از جنگلهای حوضه آبخیز ۳۵ (لیره‌سر) با مساحت ۱۲۴۰ هکتار در استان مازندران بود. به این منظور تعداد ۸۷ قطعه نمونه زمینی دایره‌ای به ابعاد ۰/۱ هکتار به روش منظم- تصادفی (سیستماتیک) برداشت و حجم سرپای در هر قطعه نمونه محاسبه گردید. داده‌های رقومی متناظر با قطعات نمونه زمینی از باندهای طیفی استخراج و به‌عنوان متغیرهای مستقل و حجم سرپای به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شدند. با استفاده از رگرسیون گام به گام بهترین مدل‌های رگرسیونی تولید و با در نظر گرفتن معیارهای مجذور میانگین مربعات خطا، همبستگی، مقدار F و اریبی مدل مناسب ( $\text{LogV} = ۸/۶۴ - ۰/۱۹\text{Mb}_3 - ۰/۰۴۴\text{Mb}_3$ ) انتخاب شد. در مدل یادشده جذر میانگین مربعات خطا ۳۲/۵ درصد، ضریب همبستگی ۰/۸۳ و مقدار اریبی ۱۲/۶ درصد بود که آزمون t معنی‌دار بودن این مقدار اریبی را رد کرد. نتایج نشان داد که داده‌های طیفی این ماهواره برای برآورد حجم سرپای جنگل دارای قابلیت متوسطی هستند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل رگرسیون، داده‌های طیفی، موجودی جنگل، لیره‌سر.

### مقدمه

مدل‌سازی فشارهای وارده به جنگل مانند آتش‌سوزی و تخریب جنگل ( Scheller & Mladenoff, 2004; Narayan et al., 2007; Syphard et al., 2007; Urquiza-Haas et al., 2007) و پیش‌بینی مسائل اقتصادی ( Silversides, 1982; Stupak et al., 2005; Miksys et al., 2007; Top et al., 2006) دارد. اصولاً لازمه هرگونه برنامه‌ریزی به‌منظور مدیریت

برآورد حجم سرپای جنگل اهمیت زیادی از نظر کاربردهای آن برای آگاهی از وضعیت جنگل و نحوه عملکرد آن ( Landsberg & Waring, 1997; Fournier et al., 2003; Feldpausch et al., 2006; Szwagrzyk & Zhao & Gazda, 2007)، برآورد میزان تولید جنگل ( Zhou, 2005; Feng et al., 2007; Duursma et al., 2007; Keeling & Phillips, 2007)، پیش‌بینی و

فنلاند انجام شد. (Astola et al., 2004) نیز تحقیقی را با هدف ارتقاء روشی برای برآورد متغیرهای جنگل با استفاده از داده‌های ماهواره Ikonos انجام دادند. همچنین (Makela & Pakkarinen, 2004) با هدف کاهش هزینه‌های آماربرداری زمینی و تهیه اطلاعات از مناطق فاقد اطلاعات زمینی با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat TM در یک جنگل سوزنی‌برگ، حجم سرپای جنگل را برآورد نمودند. در همین راستا Heiskanen (2006) نیز داده‌های ماهواره‌ای ASTER را مورد بررسی قرار داد. در ایران نیز، خرمی و همکاران (۱۳۸۶)، قابلیت تصاویر ماهواره‌ای Landsat ETM<sup>+</sup> را در برآورد حجم توده‌های راش در منطقه جنگلی سنگده مورد بررسی قرار دادند. همچنین محمدی (۱۳۸۶) امکان برآورد برخی مشخصه‌های کمی جنگل از جمله حجم سرپای جنگل را به‌منظور ایجاد مدل پیش‌بینی مکانی با استفاده از داده‌های طیفی ماهواره‌ای Landsat ETM<sup>+</sup> در جنگلهای بلوط لوه گرگان بررسی نمود. در بیشتر طرح‌های بهره‌برداری از داده‌های ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی متوسط استفاده می‌شود (Wulder & Franklin, 2007). از جمله ماهواره‌های با توان تفکیک متوسط، سری ماهواره‌های IRS می‌باشند. این سری از ماهواره‌ها، توانایی اساسی برای نقشه‌برداری مشابه ماهواره Landsat (سنجنده‌های MSS و TM) و با اختلاف زیادی در بهبود قدرت تفکیک زمینی دارند (علوی‌پناه، ۱۳۸۵). بنابراین در این مطالعه، داده‌های سنجنده LISS\_IV ماهواره IRS\_P6، به‌دلایلی مانند سهولت دسترسی به اطلاعات، هزینه کم، وجود تصاویر به‌هنگام و پوشش تقریباً کامل کشور برای برآورد حجم سرپای جنگل مورد استفاده قرار گرفت.

### مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگلهای لیره‌سر (حوضه آبخیز ۳۵، طرح جنگلداری طوبی) به مساحت ۱۲۴۰ هکتار واقع در ۲۵ کیلومتری شهر تنکابن با طول

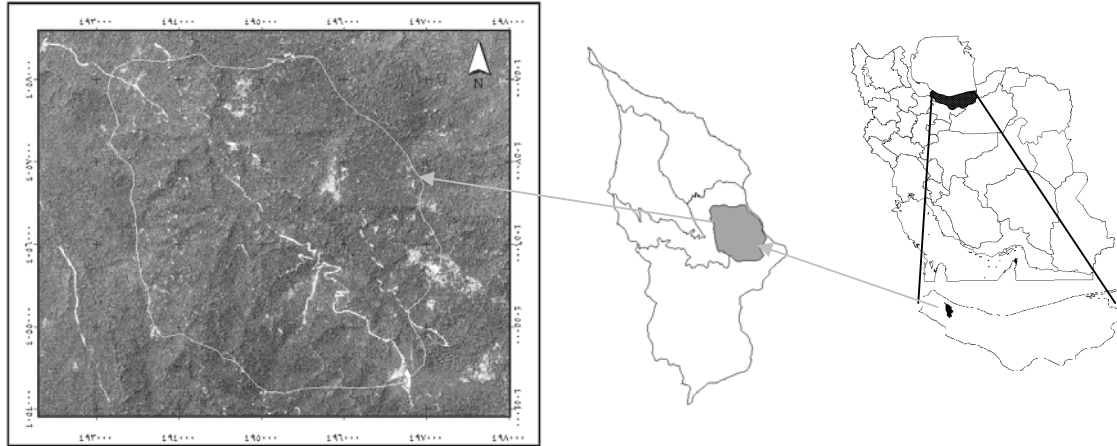
صحیح بر منابع جنگلی، به‌ویژه جنگلهایی که به‌لحاظ تأمین و تولید چوب حائز اهمیت می‌باشند داشتن اطلاعاتی به‌هنگام از مشخصه‌های مهم (نظیر حجم سرپای این جنگلهاست (خرمی و همکاران، ۱۳۸۶)).

آماربرداری زمینی در جنگلهای کوهستانی شمال ایران کاری زمان‌بر و پرهزینه می‌باشد، بنابراین جمع‌آوری اطلاعات با فواصل زمانی طولانی انجام‌گرفته و اطلاعات به‌هنگامی در دسترس مدیران جنگل وجود ندارد. داده‌های ماهواره‌ای منابع زمینی به‌دلایل برخوردارگی از مزایایی چون هزینه به‌مراتب کمتر، سطح پوشش وسیع، قابلیت تکرار، سهولت پردازش و به‌هنگام بودن داده‌ها می‌توانند نقش مؤثری را در جمع‌آوری و تأمین اطلاعات مورد نظر مدیران ایفا نمایند (Xian Wen et al., 2002; Makela & Pakkarinen, 2004). نتایج حاصل از مطالعات و تحقیقات انجام شده نشان داده است که در شرایط کنونی استفاده از داده‌های دورسنجی به‌صورت یک منبع منفرد برای جمع‌آوری داده‌ها مدنظر نمی‌باشد، بلکه پاره‌ای از ارزیابی‌ها و برآوردها بیانگر دقت زیادتر و مطمئن‌تر یافته‌ها در استفاده همزمان داده‌های میدانی و غیرطیفی با داده‌های سنجنش از دوری است (Holmgren et al., 2000). در همین راستا، از سال ۱۹۷۰ به‌بعد، محققان زیادی از تصاویر ماهواره‌هایی مانند Landsat TM و SPOT برای برآورد مشخصه‌های مختلف جنگل استفاده نمودند (Franco-Lopez et al., 2001; Katila & Tomppo, 2001). به‌منظور برآورد حجم سرپای در جنگل با استفاده از داده‌های Landsat TM تاکنون مطالعاتی توسط (Rippl et al., 1991), (Gemell, 1995), (Hagner, 1990), (Xian Wen et al., 2000), (Holmgren et al., 2000) و (Wulder, 2008) انجام شده است.

در مطالعه‌ای توسط (Tomppo et al., 2002) برآورد موجودی سرپای و بیوماس با استفاده همزمان از داده‌های Landsat TM و IRS\_1C\_WiFS در جنگلهای کشور

(شکل ۱). حداقل ارتفاع از سطح دریا ۵۶۰ و حداکثر آن ۱۲۲۰ متر است.

جغرافیایی  $50^{\circ}55'18''$  تا  $50^{\circ}58'11''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $36^{\circ}38'12''$  تا  $36^{\circ}40'15''$  شمالی می باشد



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

#### داده‌های مورد استفاده

داده‌های رقومی سنجنده LISS\_IV ماهواره IRS\_P6 مربوط به تاریخ ۲۰ مرداد ۱۳۸۶ به صورت یک فریم کامل در سه باند طیفی (با ابعاد پیکسل ۵ متری) با فرمت Tiff و پس از تصحیحات هندسی و رادیومتریک توسط بخش فنی و مهندسی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های ماهواره‌ای از دقت زیادی در تطابق هندسی برخوردار و فاقد هرگونه خطای رادیومتریک بودند. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و داده‌های بدست آمده از برداشت‌های میدانی نیز در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱).

جنگلهای منطقه مورد مطالعه از سال ۳۰-۱۳۲۹ به روش بخشی (سطحی - حجمی) بهره‌برداری شدند. در سال ۱۳۳۹ شیوه پناهی اجرا شد ولی از همان سال اول با کسری برداشت مواجه گردید، بنابراین در سال ۱۳۴۵ با توجه به کسری برداشت‌های مکرر، روش جنگلداری از دانه‌زاد همسال و شیوه پناهی به دانه‌زاد ناهمسال و شیوه تک‌گزینی تغییر یافت. براساس مصوبات طرح، برداشت از سال ۱۳۷۵ تاکنون به روش دانه‌زاد ناهمسال و شیوه جنگل‌شناسی بکار رفته تک‌گزینی بوده است. براساس اطلاعات موجود در کتابچه طرح منطقه، متوسط حجم سرپای جنگل ۳۳۷ مترمکعب در هکتار می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۷۵).

جدول ۱- مشخصات سنجنده LISS-IV ماهواره IRS\_P6

مقدار	Band	مشخصه
۵ متر	Band 2-Green	قدرت تفکیک زمینی
۵ متر	Band 3-Red	
۵ متر	Band 4-Near Infra Red	
۲۳/۹ کیلومتر	ALL Bands	عرض تصویربرداری
۷ بیت	ALL Bands	قدرت تفکیک رادیومتری
۰/۵۲-۰/۵۹ $\mu\text{m}$	Band 2-Green	محدوده طیفی
۰/۶۲-۰/۶۸ $\mu\text{m}$	Band 3-Red	
۰/۷۷-۰/۸۶ $\mu\text{m}$	Band 4- Near Infra Red	

### برداشت نمونه‌های زمینی

آماربرداری از منطقه به صورت منظم- تصادفی (سیستماتیک) با شبکه‌ای به ابعاد ۴۰۰×۳۰۰ متر انجام شد. طراحی شبکه به صورتی بود که ضلع کوچک در جهت ارتفاع قرار گیرد (زیری، ۱۳۷۹). به طوری که تعداد نمونه‌های طراحی شده ۸۷ نمونه دایره‌ای شکل به مساحت ۰/۱ هکتار بود. به منظور اندازه‌گیری دقیق قطعات نمونه، پس از طراحی شبکه موقعیت نمونه‌ها وارد سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) شد و بعد محل نمونه‌ها بر روی زمین بازیابی گردید. در هر یک از قطعات نمونه، گونه و قطر برابر سینه برای تمامی درختان با قطر بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر و ارتفاع برای نزدیکترین درخت به مرکز و قطورترین درخت، اندازه‌گیری شد. با استفاده از جدول حجم دو عامله جنگلهای منطقه نوشهر، حجم درختان شاهد محاسبه و به کمک رابطه رگرسیونی (رابطه ۱ با همبستگی ۰/۹۸) حجم سایر درختان محاسبه و حجم در قطعه نمونه بدست آمد.

$$V = ۰/۰۴۲۷ - ۰/۰۱۴۹۴ \text{ DBH} + ۰/۰۱۳۰۵ \text{ DBH}^2 \quad (۱)$$

در این رابطه V حجم به مترمکعب و DBH قطر برابر سینه درختان به سانتی‌متر است.

### استخراج ارزش طیفی باندها

برای هر قطعه نمونه زمینی، اعداد رقومی در سطح مناظر آن بر روی تصاویر ماهواره‌ای که شامل ۴۰ پیکسل (سطحی معادل ۱۰۰۰ مترمربع بر روی زمین) بود از هر سه باند (سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک) استخراج گردید. سپس در سطح استخراج شده برای کلیه قطعات نمونه آماره‌های میانگین، انحراف معیار و دامنه اعداد رقومی محاسبه شد.

### تحلیل آماری داده‌ها

به منظور بررسی میزان ارتباط بین مشخصه حجم سرپا و ارزش طیفی باندهای سنجنده LISS\_IV از رگرسیون گام به گام استفاده و مناسبترین داده‌های طیفی برای برآورد حجم سرپا تعیین شدند. حجم سرپا، جذر حجم سرپا و لگاریتم حجم سرپا در سه دسته به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شدند. آماره‌های میانگین، انحراف معیار و دامنه برای ارزش مجموعه پیکسل‌های هر قطعه نمونه در باندهای مورد استفاده (سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک) به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. در این بررسی از ۸۷ قطعه نمونه برداشت شده، تعداد ۱۵ قطعه نمونه به طور تصادفی انتخاب و به عنوان قطعات نمونه شاهد، برای اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی در نظر

برای ارزیابی معنی‌دار بودن آریبی از آزمون  $t$  استفاده گردید و معنی‌داری آن با رابطه (۴) مورد بررسی قرار گرفت (Ranta et al., 1999).

$$t = \frac{Bias}{\frac{SD}{\sqrt{n}}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در روابط ۱ تا ۴:

$\hat{V}_i$ : حجم سرپای برآوردی براساس مدل رگرسیونی برای هر قطعه نمونه شاهد

$V_i$ : حجم سرپای جنگل، اندازه‌گیری شده در محل قطعه نمونه شاهد بر روی زمین

$SD$ : انحراف معیار باقیمانده‌ها ( $\hat{V}_i - V_i$ )

$n$ : تعداد نمونه شاهد

در انتخاب مدل نهایی عوامل دیگری از جمله داشتن ضریب‌های همبستگی زیاد، کمتر بودن تعداد متغیرهای مستقل در مدل و نتیجه آزمون  $F$  مدنظر قرار گرفتند.

### نتایج

براساس اطلاعات حاصل از برداشت نمونه‌های زمینی و محاسبات انجام شده، حجم سرپای جنگل در قطعات نمونه مدل و قطعات نمونه شاهد به شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- نتایج پردازش اولیه داده‌های زمینی حجم سرپا (مترمکعب در هکتار)

قطعات نمونه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
مدل	۸۳	۶۵۸	۳۸۱	۱۴۹
شاهد	۱۵۸	۶۳۰	۴۲۸	۱۳۰

آزمون معنی‌دار بودن  $t$  برای  $Bias$  براساس جدول  $t$ -Student انتخاب شدند. مدل‌های یادشده و مقادیر همبستگی، ضریب تبیین،  $F$ ،  $RMSE$ ،  $Bias$  و  $t$  برای همه مدل‌ها در جدول ۳ ارائه شده‌اند. در تحلیل رگرسیون

گرفته شدند. بنابراین در تحلیل آماری داده‌ها از ۷۲ قطعه نمونه زمینی استفاده گردید.

### اعتبارسنجی مدل

اعتبارسنجی مدل‌ها به شیوه‌های مختلفی انجام می‌شود. در این تحقیق با استفاده از داده‌های قطعات نمونه شاهد، مدل انتخابی براساس کمتر بودن  $RMSE$  (Root Mean Square Error) و آزمون معنی‌دار بودن  $t$  برای  $Bias$  (براساس جدول  $t$ -Student) انتخاب شدند.  $RMSE$ ، مجذور میانگین حسابی خطاها می‌باشد که برای تعیین دقت برآورد مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده قرار گرفت (رابطه ۲).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{V}_i - V_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

آریبی ( $Bias$ )، خطای سیستماتیک یک طرفه‌ای می‌باشد که برای تعیین صحت ( $Accuracy$ ) برآورد مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق  $Bias$  برای کلیه مدل‌ها براساس رابطه (۳) محاسبه شد.

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{V}_i - V_i)}{n} \quad \text{رابطه (۳)}$$

سپس تحلیل رگرسیون گام به گام در سه دسته برای متغیر وابسته حجم سرپا، جذر حجم سرپا و لگاریتم حجم سرپا انجام شد. از میان مدل‌های تولید شده در این مرحله بهترین مدل‌ها در هر دسته براساس کمترین  $RMSE$  و

$$\text{رابطه (۵)} \quad \text{LogV} = ۸/۶۴ - ۰/۱۹\text{Mb}_3 - ۰/۰۴۴\text{Rb}_3$$

مدل انتخاب شده با داشتن ضریب همبستگی  $۰/۸۳$  در میان مدل‌های بدست آمده از نتایج رگرسیون گام به گام از ضریب همبستگی و تبیین قوی بر خوردار بود (مدل شماره ۵، جدول ۳). این مدل همچنین بیشترین F را به خود اختصاص داده است و از تعداد متغیر مناسبی نیز برخوردار می‌باشد. در این میان بهترین نتایج براساس مقادیر همبستگی و ضریب تبیین مربوط به مدل شماره (۶) بود، اما این مدل با این که از مقدار جزیی ضریب همبستگی و تبیین بیشتری نسبت به مدل شماره (۵) برخوردار بود، تعداد متغیر بیشتر و F کمتری را دارا بود.

ملاحظه گردید که باند دوم در هیچ یک از مدل‌های این بخش نقشی نداشته است، اما باند سوم و چهارم و یا ترکیب‌های این دو باند در بیشتر مدل‌ها نقشی مهمی ایفا می‌نمایند. نتایج آزمون تساوی ضریب‌های رگرسیونی با صفر ( $H_0=0$  یا  $H_1 \neq 0$ ) نشان داد که ضرایب همه مدل‌ها مخالف صفر هستند (جدول ۳).

بررسی نتایج تجزیه واریانس مدل‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های بدست آمده همگی در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار هستند. براساس مقایسه شاخص‌های مختلف برای مدل‌های رگرسیونی، معادله رگرسیونی (رابطه ۵) براساس دو اصل سادگی و بهترین برازش، به‌عنوان بهترین معادله برای برآورد حجم سرپای انتخاب شد.

جدول ۳- نتایج تحلیل رگرسیون برای برآورد حجم سرپای براساس داده‌های طیفی

ردیف	مدل	r	R <sup>2</sup>	RMSE		Bias		F	t
				مترمکعب در هکتار	درصد	مترمکعب در هکتار	درصد		
۱	$V = ۲۱۹۲/۷ - ۶۰/۹۶\text{Mb}_3$	۰/۴۸	۰/۲۳	۱۳۶/۸	۳۲/۱	-۴۶/۲	۱۰/۸	۲۰/۶	۱/۳
۲	$V = ۲۳۸۹/۹۶ - ۶۱/۹\text{Mb}_3 - ۱۰/۱\text{Rb}_4$	۰/۵۶	۰/۳۲	۱۵۱/۰	۳۵/۴	-۲۸/۴	۹/۰	۱۵/۹	۱/۰
۳	$V^{0.5} = ۸۷/۶ - ۲/۳\text{Mb}_3$	۰/۶	۰/۳۵	۱۳۹/۹	۳۲/۸	-۶۳/۳	۱۴/۸	۴۵/۴	۱/۹
۴	$V^{0.5} = ۹۴ - ۲/۴\text{Mb}_3 - ۰/۲۶\text{Mb}_4$	۰/۶۵	۰/۴	۱۴۸/۸	۳۴/۹	-۵۶/۵	۱۳/۲	۳۰/۷	۱/۵
۵	$\text{LogV} = ۸/۶۴ - ۰/۱۹\text{Mb}_3 - ۰/۰۴۴\text{Rb}_3$	۰/۸۳	۰/۶۸	۱۳۸/۵	۳۲/۵	-۵۳/۹	۱۲/۶	۹۰/۹	۱/۶
۶	$\text{LogV} = ۹/۱۴۶ - ۰/۲\text{Mb}_3 - ۰/۰۳۷\text{Rb}_3 - ۰/۰۱۲\text{Rb}_4$	۰/۸۴	۰/۷۱	۱۵۱/۸	۳۵/۶	-۵۹/۶	۱۴/۰	۶۶/۷	۱/۶

در معادله انتخابی  $\text{Mb}_3$  و  $\text{Rb}_3$  به ترتیب میانگین و دامنه ارزش پیکسل‌های باند سه (قرمز) در محل قطعات نمونه بر روی تصویر می‌باشند.

بررسی دقت و صحت برآورد با استفاده از رگرسیون دو متغیره منتخب از بین سایر مدل‌ها نشان داد که استفاده از تصاویر این ماهواره برای برآورد حجم، اگرچه اطلاعات مناسب و کم‌هزینه‌ای در اختیار مدیران قرار می‌دهد، اما خطای آن، استفاده از چنین روشی را در طرح‌های مدیریتی محدود می‌نماید. ولی این داده‌ها در مناطقی که اطلاعات وجود ندارد یا مطالعات اولیه‌ای مورد نظر است و هدف برآورد دقیق نیست، کارایی قابل قبولی با صرف هزینه اندک دارند.

## بحث

در تحقیق حاضر برآورد حجم سرپای جنگل با استفاده از داده‌های سنجنده LISS\_IV ماهواره IRS\_P6 مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های سنجنده LISS\_IV نسبت به دیگر سنجنده‌هایی که امکان دسترسی به تصاویر آنها برای برآورد مشخصه حجم سرپای جنگل در ایران مقدور است (مانند  $\text{ETM}^+$  و SPOT) از قدرت تفکیک رادیومتریکی نسبتاً کمتر (هفت بیت) و تفکیک مکانی بیشتری برخوردار است.

## سپاسگزاری

از مساعدت‌های آقای مهندس سعادت‌تی، سرپرست محترم طرح جنگل‌داری لیره‌سر در انجام عملیات میدانی این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع مورد استفاده

- بی‌نام، ۱۳۷۵. طرح تجدید نظر چهارم طرح جنگل‌داری لیره‌سر. اداره کل منابع طبیعی استان مازندران.
- خرمی، ر.، درویش‌صفت، ع. و نمیرانیان، م.، ۱۳۸۶. بررسی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای Landsat7 ETM<sup>+</sup> در برآورد حجم سرپای توده‌های راش. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰(۴): ۱۲۸۹-۱۲۸۱.
- زبیری، م.، ۱۳۷۹. آماربرداری در جنگل (اندازه‌گیری درخت و جنگل). انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ صفحه.
- علوی‌پناه، ک.، ۱۳۸۵. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۸ صفحه.
- محمدی، ج.، ۱۳۸۶. بررسی امکان برآورد برخی مشخصه‌های کمی جنگل به‌منظور ایجاد مدل پیش‌بینی مکانی با استفاده از داده‌های طیفی ماهواره‌ای (مطالعه موردی در جنگلهای بلوط لوه گرگان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۷۱ صفحه.
- Astola, H., Bounsay Thip, C., Ahola J., Hame, T., Parmes, E., Sirro, L. and Veikkanen, B., 2004. Forest parameter estimation from high resolution remote sensing data. Proceedings of 20<sup>th</sup> ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, 12-23 July: 335-341.
- Duursma, R.A., Marshall, J.D., Robinson, A.P. and Pangle, R.E., 2007. Description and test of a simple process-based model of forest growth for mixed-species stands. Ecological Modelling, 203: 297-311.
- Feldpausch, T.R., McDonald, A.J., Passos, C.A.M., Lehmann, J. and Riha, S.J., 2006. Biomass, harvestable area, and forest structure estimated from commercial timber inventories and remotely sensed imagery in southern Amazonia. Forest Ecology and Management, 233: 121-132.
- Feng, X., Liu, G., Chen, J.M., Chen, M., Liu, J., Ju, W.M., Sun, R. and Zhou, W., 2007. Net primary productivity of China's terrestrial ecosystems from a process model driven by remote sensing. Journal of Environmental Management, 85: 563-573.
- Fournier, R.A., Luther, J.E., Guindon, L., Lambert, M.C., Piercey, D., Hall R.J. and Wulder, M.A., 2003. Mapping above-ground tree biomass at the

در مدل‌های برآورد حجم ملاحظه گردید که تبدیل لگاریتمی حجم سرپا به‌عنوان متغیر وابسته نتایج بهتری را موجب می‌گردد. این نتیجه مشابه نتایج خرمی و همکاران (۱۳۸۶)، Heiskanen, (2006) و Ripple *et al.* (1991) بود.

براساس نتایج بررسی‌های انجام شده در همه معادلات، دیده شد که کلیه ضرایب دارای علامت منفی بوده که این نتیجه شبیه نتایج خرمی و همکاران (۱۳۸۶) و Ripple *et al.* (1991) است. ضرایب همبستگی منفی بیانگر رابطه معکوس بین ارزش‌های طیفی و حجم سرپاست. بنابراین چنین استنباط می‌شود که با افزایش حجم در قطعه نمونه، بازتاب در طول‌های موج‌های مختلف (باند ۳ و ۴) کاهش می‌یابد. ساختار ناهمسال توده‌های جنگلی منطقه بیانگر آن است که در کنار پایه‌های مسن، پایه‌های جوان نیز وجود داشته، بنابراین مقادیر آماره‌های محاسبه شده برای هر یک از طیف‌ها متأثر از این ناهمگنی خواهد بود. به‌نظر می‌رسد، عواملی چون برگ درختان جوان و پدیده پخش و بازتاب چند مرحله‌ای در توده‌های جوان در افزایش میزان بازتاب در قطعات نمونه‌ای که حجم سرپای کمتری داشته‌اند، دخیل بوده است (خرمی و همکاران، ۱۳۸۶). بررسی داده‌های طیفی در محل قطعات نمونه نشان داد که داده‌های باند قرمز (باند ۳) و مادون قرمز نزدیک (باند ۴) نسبت به داده‌های باند سبز (باند ۲) از همبستگی بیشتری با حجم سرپا در محل قطعات نمونه برخوردار می‌باشند. Jensen (1986) نیز نشان داد که بازتاب گیاهان میانسال و خشکیده در ناحیه مرئی و بازتاب گیاهان جوان و سالم در ناحیه مادون قرمز بیشتر است. از آن جا که در منطقه این تحقیق، در اغلب قطعات نمونه سن توده‌ها زیاد بوده و گاهی درختان خشکیده نیز وجود دارند، روابط رگرسیونی بین باند قرمز و حجم سرپا قویتر از روابط بین باند مادون قرمز و حجم سرپا شد که مشابه نتایج Heiskanen (2006) است.

- Ripple, W.J., Wang, S., Isaacson, D.L. and Paine, D.P., 1991. A preliminary comparison of Landsat Thematic Mapper and SPOT-1 HRV multispectral data for estimating coniferous forest volume. *International Journal of Remote Sensing*, 12(9): 1971-1977.
- Scheller, R.M. and Mladenoff, D.J., 2004. A forest growth and biomass module for a landscape simulation model, LANDIS: design, validation, and application. *Ecological Modelling*, 180: 211-229.
- Silversides, C.R., 1982. Energy from forest biomass – its effect on forest management practices in Canada. *Biomass*, 2: 29-41.
- Stupak, I., Clarke, N. and Lunnan, A., 2005. Sustainable use of forest biomass for energy. In: *Proceedings of the WOOD-EN-MAN Session at the Conference Nordic Bioenergy*, Trondheim, Norway 27 October 2005. *Biomass and Bioenergy* 2007, 31: 665.
- Syphard, A.D., Yang, J., Franklin, J., He, H.S. and Keeley, J.E., 2007. Calibrating a forest landscape model to simulate frequent fire in Mediterranean-type shrublands. *Environmental Modelling & Software*, 22: 1641-1653.
- Szwagrzyk, J. and Gazda, A., 2007. Above-ground standing biomass and tree species diversity in natural stands of Central Europe. *Journal of Vegetation Science*, 18: 555-562.
- Tomppo, E., Nilsson, M., Rosengren, M., Aalto, P. and Kennedy, P., 2002. Simultaneous use of Landsat-TM and IRS-1C WiFS data in estimating large area tree stem volume and aboveground biomass. *Remote Sensing of Environment*, 82: 156-171.
- Top, N., Mizoue, N., Ito, S., Kai, S., Nakao, T. and Ty, S., 2006. Re-assessment of woodfuel supply and demand relationships in Kampong Thom province, Cambodia. *Biomass and Bioenergy*, 30: 134-143.
- Urquiza-Haas, T., Dolman, P.M. and Peres, C.A., 2007. Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: Effects of forest disturbance. *Forest Ecology and Management*, 247: 80-90.
- Wulder, M.A. and Franklin, S.E., 2007. Understanding forest disturbance and spatial pattern: remote sensing and GIS approaches, CRC Press Publishers, Canada: 246 p.
- Wulder, M.A., White, J.C., Fournier, R.A., Luther, J.E. and Magnusson, S., 2008. Spatially Explicit Large Area Biomass Estimation: Three Approaches Using Forest Inventory and Remotely Sensed Imagery in a GIS. *Sensors*, 8: 529-560.
- Xian Wen, Z., Chonggui, L., Lin, S., Yonglin, T. and Kaixian, Y., 2002. Important progress on estimating forest resources, Reality, model and parameter estimation-the forestry scenario. *Sesimbra- Portugal*, 2-5 June: 234 p.
- Zhao, M. and Zhou, G., 2005. Estimation of biomass and net primary productivity of major planted forest in China based on forest inventory data. *Forest Ecology and Management*, 207: 295-313.
- stand level from inventory information: test cases in Newfoundland and Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 33: 1846-1863.
- Franco-Lopez, H., Ek, A.R. and Bauer, M.E., 2001. Estimation and mapping of forest stand density, volume, and cover type using the K-nearest-neighbors method. *Remote Sensing of Environment*, 77: 251-274.
- Gemell, E.M., 1995. Effects of forest cover, terrain and scale on timber volume estimation with thematic map per data in a Rock Mountain Site. *Remote Sensing of Environment*, 51(2): 291-350.
- Hagner, O., 1990. Computer aided forest stand delineation and inventory based on satellite remote sensing. In: *Proceedings of the SNS/IUFRO Workshop on the Usability of Remote Sensing for Forest Inventory and Planning*, Umea 26-28 February. *Remote Sensing Laboratory, Swedish University of Agricultural Sciences*, Report 4: 43-47.
- Heiskanen, J., 2006. Estimating aboveground tree biomass and leaf area index in a mountain birch forest using ASTER satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 27(6): 1135-1158.
- Holmgren, J., Joyce, S., Nilsson, M. and Olsson, H., 2000. Estimating stem volume and basal area in forest compartments by combining satellite image data with field data. *Scandinavian Journal of forest Research*, 15(1): 103-111.
- Jensen, J.R., 1986. *Introduction Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*. Cliffs, New Jersey, 379 p.
- Katila, M. and Tomppo, E., 2001. Selecting estimation parameters for the Finnish multi-source national forest inventory. *Remote Sensing of Environment*, 76(1): 16-32.
- Keeling, H.C. and Phillips, O.L., 2007. The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16: 618-631.
- Landsberg, J.J. and Waring, R.H., 1997. A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*, 95: 209-228.
- Makela, H. and Pekkarinen, A., 2004. Estimation of forest stand volumes by Landsat TM imagery and stand-level field-inventory data. *Forest Ecology and Management*, 196: 245-255.
- Miksys, V., Varnagiryte-Kabasinskiene, I., Stupak, I., Armolaitis, K., Kukkola, M. and Wojcik, J., 2007. Above-ground biomass functions for Scots pine in Lithuania. *Biomass and Bioenergy*, 31: 685-692.
- Narayan, C., Fernandes, P.M., van Brusselen, J. and Schuck, A., 2007. Potential for CO<sub>2</sub> emissions mitigation in Europe through prescribed burning in the context of the Kyoto protocol. *Forest Ecology and Management*, 251: 164-173.
- Ranta, E., Rita, H. and Kouki, J., 1999. *Biometria*, Helsinki: Yliopistopaino. 569 p.



## Forest stand volume estimation using satellite IRS\_P6 (LISS\_IV) data (Case study: Lirehsar, Tonekabon)

Z. Azizi <sup>1</sup>, A. Najafi <sup>2\*</sup>, P. Fatehi <sup>3</sup> and M. Pirbavaghar <sup>4</sup>

1- M.Sc. student of Forestry, faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.

2\* - Corresponding author, Assistance Prof., Department of forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.

E-mail: a.najafi@modares.ac.ir

3- Research expert, Research Center of Agriculture and Natural Resources of Kurdistan province.

4- Assistant Prof., Department of forestry, Faculty of Natural Resources, Kurdistan University.

### Abstract

Stand volume is an important criterion in forest sciences for monitoring status and function of forests, estimation of productivity, prediction and modeling of forest disturbance, economic and environmental issues and forest planning. The aim of this research is evaluation of the LISS\_IV sensor of IRS\_P6 satellite data ability for forest timber volume estimation. The study area (1240 ha) is located in watershed No. 35 (Lirehsar) of Mazandaran province. Using systematic random method, 87 circular plots with 0.1 ha area were measured to study the relationship between forest stand volume and satellite data. Correspondent digital data to plots were extracted from spectral and considered as independent variables. Original stand volume data, square root and logarithm of them were considered as dependent variables. Using stepwise regression, the best model ( $\text{Log}V = 8.64 - 0.19\text{Mb}_3 - 0.044\text{Rb}_3$ ) respect to some criteria including RMSE, bias and correlation coefficient was chosen, while the value of criteria were 32.5%, 12.6% and 0.83%, respectively. Result showed that spectral data of the mentioned sensor have a moderate potential for stand volume estimation.

**Key words:** LISS-IV, growing stock, regression analysis, spectral data, Lirehsar.