



مدل سازی برآورد بیومس چوبی راشستان های خالص جنگل های هیرکانی با استفاده از داده های سنجنده TM (مطالعه موردی: جنگل خیرود)

قاسم رونود

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده:

در این پژوهش به منظور بررسی رابطه بین زیتوده روی زمینی و متغیرهای دورسنجی شامل باندهای چندطیفی سنجنده TM و باندهای مصنوعی حاصل از پردازش آنها، تعداد ۶۵ قطعه نمونه زمینی، هر کدام به مساحت ۲۰۲۵ مترمربع برداشت گردید. حجم چوب درختان در هر قطعه نمونه با استفاده از تاریف محاسبه و با استفاده از معادله تبدیل حجم به زیتوده، میزان زیتوده روی زمینی در هر قطعه نمونه محاسبه شد. پیش پردازش و پردازش هایی از جمله تبدیل تسلدکپ، نسبت گیری و تحلیل مولفه اصلی بر روی تصویر منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. از روش آماری پارامتریک رگرسیون خطی ساده برای مدل سازی استفاده شد و بر اساس سه معیار ضریب تعیین تعدیل شده، اشتباه معیار برآورد و جذر میانگین مربع خطا، بهترین مدل ها انتخاب شدند. تحلیل همبستگی پیرسون بین زیتوده روی زمینی در قطعات نمونه زمینی و ارزش های طیفی متناظر در باندهای اصلی و مصنوعی نشان می دهد که ضریب همبستگی در همه موارد مثبت است. در این میان، باند مادون قرمز نزدیک (باند ۴) بیشترین میزان همبستگی را با زیتوده روی زمینی دارد و ضریب همبستگی آن ۰/۴۲۷ است. مدل رگرسیونی درجه دوم باند مادون قرمز نزدیک (باند ۴)، با مقدار ضریب تعیین تعدیل شده ۰/۲۱۴ و مقدار جذر میانگین مربع خطا ۴۳/۵ تن در هکتار (۱۵/۵ درصد) بهترین مدل برای برآورد زیتوده روی زمینی توده های راش جنگل های منطقه مورد مطالعه این تحقیق است.

واژه های کلیدی: رگرسیون، زیتوده روی زمینی، لندست ۵، راش، برآورد



۱- مقدمه

نگرانی‌های اخیر در مورد تغییرات جهانی و اکوسیستم‌ها، تلاش برای برآورد زیتوده با صحت بالا و پایش پویایی آن را ایجاب می‌کند [۱]. روش برآورد زیتوده جنگلی مبتنی بر اندازه‌گیری‌های میدانی دارای بیشترین صحت هستند، اما جمع‌آوری داده از طریق اندازه‌گیری‌های زمینی بسیار زمان‌بر، پرحمت و هزینه است و آماربرداری در سطوح وسیع جغرافیایی عملاً امکان‌پذیر نیست [۲]. از این‌رو، در سه دهه اخیر تحقیقات زیادی با استفاده از فن‌آوری سنجنش از دور در زمینه برآورد زیتوده انجام شده است. با این حال متغیرهای مناسب داده‌های دورسنجی و مدل‌های برآورد مناسب برای مطالعات زیتوده به ندرت فراهم شده‌اند.

جنگل‌های شمال ایران از لحاظ تنوع و موجودی با اهمیت‌ترین جنگل‌های کشور محسوب می‌شوند و نقش مهمی را در ذخیره زیتوده دارند. این جنگل‌ها باقی‌مانده جنگل‌های دوران سوم زمین‌شناسی می‌باشند [۳]. از این رو ضرورت پژوهش در زمینه‌های مختلف علوم جنگل از جمله برآورد زیتوده با روش‌های سنجنش از دوری در این جنگل‌ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. از آنجایی که برآورد زیتوده با استفاده از روش‌های مستقیم و مخرب علاوه بر جنبه‌های تخریبی آن مستلزم صرف زمان و هزینه زیادی خصوصاً در مناطق وسیع است، لذا استفاده از روش‌های سنجنش از دوری می‌تواند با صرفه‌تر از روش‌های اندازه‌گیری زمینی باشد و ضروری است که ابتدا قابلیت داده‌های مختلف سنجنش از دوری و روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آنها برای برآورد زیتوده مورد بررسی قرار گیرد.

مطالعات زیادی در زمینه برآورد زیتوده و حجم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در ایران و خارج از کشور انجام شده است؛ از جمله، [۴] امکان برآورد میزان زیتوده روی زمینی جنگل را با داده‌های سنجننده SPOT-HRG^۱ در توده‌های خالص راش جنگل آموزشی-پژوهشی دارابکلای ساری مورد بررسی قرار داده است. نتایج این تحقیق نشان داد که سنجننده یاد شده قابلیت برآورد زیتوده در این چنین توده‌هایی را با دقت مناسبی دارد. [۵] در مدل‌سازی برآورد زیتوده جنگل‌های شمال ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نوری و راداری، به برآورد زیتوده در ۲۵۰۰۰ هکتار از جنگل‌های منطقه رضوان شهر استان گیلان پرداخت. در این پژوهش با بررسی میزان همبستگی بازتاب باندهای مختلف دریافتند که بهترین مدل برآورد با استفاده از این آنالیز بر اساس گونه درخت، معادلات رگرسیونی چند متغیره با ضریب تعیین ۰/۷۳۱ و جذر میانگین مربع خطا ۱۳/۸۸ تن در هکتار می‌باشد. [۶] به بررسی قابلیت داده‌های سنجننده ETM+ ماهواره لندست در برآورد حجم سرپای توده‌های خالص و رو به شمال راش در بخشی از جنگل‌های تحت پوشش شرکت چوب فریم با وسعتی بیش از ۲۰۰۰ هکتار، پرداختند. در این تحقیق با بررسی روابط رگرسیونی میان میزان حجم در هکتار و ارزش‌های رقومی باندهای طیفی دریافتند که بر پایه ضریب همبستگی پیرسن، داده‌های باند مادون قرمز و باند مادون قرمز نزدیک ادغام شده با باند پانکروماتیک بیشترین میزان همبستگی را با موجودی سرپا به ترتیب با ۰/۷۰۷ و $r = -0/72$ نشان داده‌اند. همچنین دریافتند که در تحلیل رگرسیونی بیشترین میزان ضرایب همبستگی مربوط به مدل‌های خطی ساده و سهمی با لگاریتم موجودی سرپا می‌باشد. این ضرایب برای باند مادون قرمز نزدیک به ترتیب برابر با ۰/۷۴- و ۰/۷۶- و برای باند ۴ ادغام یافته به ترتیب ۰/۷۷- و ۰/۸۰- بدست آمده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان از این داده‌ها برای برآورد حجم سرپا در این چنین شرایطی استفاده نمود. [۷]

نشان دادند که داده‌های سنجننده ETM+ در شرایط جنگل‌های کالیمانتای اندونزی و به‌کارگیری روش رگرسیون چندمتغیره خطی گام‌به‌گام زیتوده را به مقدار ۰/۱۲۸ گیگاتن کمتر برآورد کرده‌اند. مقدار زیتوده کمتری را برآورد می‌کنند. [۸] نشان دادند که زیتوده برآورد شده در جنگل‌های بوره‌آل با استفاده از تصاویر استر^۲ و به‌کارگیری روش‌های آماری رگرسیون خطی چندمتغیره و شبکه عصبی مصنوعی، تقریباً برابر با مقادیر زیتوده برآوردی توسط سازمان ملی جنگل فنلاند است. [۹] با تحقیق در جنگل‌های فنلاند دریافتند که برآوردهای زیتوده حاصل از داده‌های

^۱ High Resolution Geometric (HRG)

^۲ ASTER



سنجده TM و روش آماری KNN دقت کافی برای اهداف مدیریتی جنگل در سطح توده جنگلی را ندارند. فرضیه پژوهش حاضر این است که می توان با داده های طیفی سنجده TM ماهواره لندست ۵، زیتوده روی زمینی توده های خالص راش در جنگل های شمال ایران را با دقت مناسبی برآورد کرد.

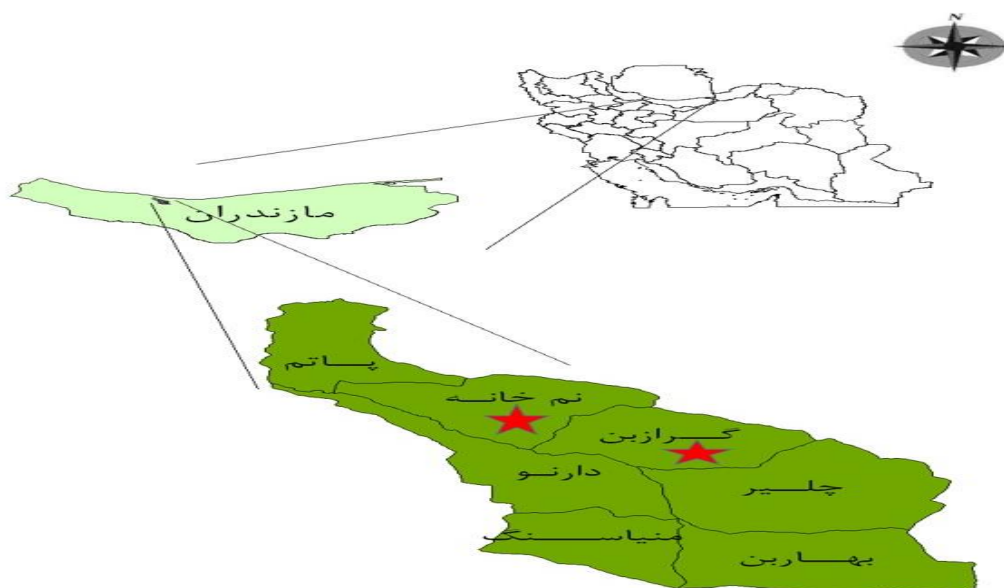
۲- مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه جنگل آموزشی-پژوهشی خیرود، واقع در ۷ کیلومتری شهرستان نوشهر در استان مازندران بین ۵۱° ۳۲' تا ۵۱° ۴۳' طول جغرافیایی شرقی و ۳۶° ۲۷' تا ۳۶° ۴۰' عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). این جنگل دارای مساحتی حدود ۸۰۰۰ هکتار، حداقل ۵۰ و حداکثر ۲۲۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا می باشد. این پژوهش با توجه به هدف آن، در راشستان های خالص موجود در بخش های گرازبن و نم خانه این جنگل صورت گرفت. در این تحقیق از داده های سنجده TM ماهواره لندست ۵ به شماره گذر ۱۶۵ و ردیف ۳۵ مربوط به تاریخ ۲۰ مرداد ماه سال ۱۳۹۰ هجری شمسی (۱۱ آگوست ۲۰۱۱ میلادی) استفاده شد.

در مجموع تعداد ۶۵ قطعه نمونه مربعی شکل با ابعاد ۴۵×۴۵ متر در منطقه مورد مطالعه برداشت شد. در تمامی قطعات نمونه، نوع گونه و قطر برابر سینه همگی درختان و درختچه های قطورتر از ۷/۵ سانتی متر اندازه گیری و ثبت شد. حجم سرپای تک تک درختان با استفاده از جدول تاريف محلی [۱۰] محاسبه و مجموع حجم درختان سرپای موجود در قطعه نمونه بدست آمد. به دلیل اینکه تصاویر مورد استفاده مربوط به مرداد سال ۱۳۹۰ است (۳ سال قبل تر از زمان آماربرداری) لذا؛ حجم سرپا در این تاریخ با توجه به کتابچه طرح منطقه مورد مطالعه و مطالعات کتابخانه ای محاسبه شد. پس از اینکه مقدار حجم چوب سرپا در قطعات نمونه محاسبه شد، با استفاده از معادله تبدیل حجم به زیتوده روی زمینی [۱۱] که توسط سازمان خواروبار جهانی [۱۲] نیز ارائه شده است، میزان زیتوده در هر قطعه نمونه (تن در هکتار) برآورد شد که معادله آن به شرح ذیل است (رابطه ۱):

$$AGB (Mg/ha) = volume \times WD \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن Volume، حجم چوب به مترمکعب در هکتار (m^3/ha) و WD چگالی بحرانی متوسط چوب به تن در مترمکعب (ton/m^3) است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (جنگل خیرود)



قبل از به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای، کیفیت آنها از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری مانند پیکسل‌های تکراری و وجود لکه‌های ابر مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی همبستگی بین زیتوده روی زمینی و ارزش‌های طیفی متناظر، از تحلیل همبستگی پیرسون استفاده شد. مدل‌سازی به روش رگرسیون یک متغیره خطی انجام شد و بر اساس دو معیار ضریب تعیین تعدیل شده و اشتباه معیار برآورد، بهترین مدل‌ها انتخاب شدند (رابطه ۴ و ۵). به منظور اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی، حدود ۳۰ درصد داده‌ها (۲۰ قطعه نمونه) به صورت تصادفی انتخاب و به عنوان مجموعه داده‌های اعتبارسنجی از کلیه تجزیه و تحلیل‌ها کنار گذاشته شدند. با در اختیار داشتن مقادیر برآوردی $(AGBi)$ و مقادیر واقعی زیتوده روی زمینی (\widehat{AGBi}) ، با استفاده از آماره مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، اعتبار مدل‌های رگرسیونی انتخاب شده مورد ارزیابی قرار گرفتند (رابطه ۲) [۱۳].

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (AGBi - \widehat{AGBi})^2}{n}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$RMSE_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (AGBi - \widehat{AGBi})^2}{n}} \times 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$R_a^2 = R^2 - \left(\frac{k \times (1 - R^2)}{n - k - 1} \right) \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (AGBi - \widehat{AGBi})^2}{\sum_{i=1}^n (AGBi - \overline{AGB})^2} \quad \text{رابطه (۴ و ۵)}$$

که در آن R^2 و R_a^2 به ترتیب ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده، $AGBi$ ، \widehat{AGBi} و \overline{AGB} به ترتیب زیتوده روی زمینی برآورد شده، مشاهده شده و متوسط مشاهده شده در هر قطعه نمونه هستند. n تعداد مشاهدات و k تعداد متغیرهای مستقل استفاده شده در مدل می‌باشد.

۳- نتایج

نتایج نشان داد که کمترین مقدار زیتوده روی زمینی در قطعات نمونه زمینی، برابر با ۱۸۰/۸۴ تن در هکتار و بیشترین مقدار آن برابر ۴۴۸/۷۵ تن در هکتار است. میانگین زیتوده روی زمینی ۲۸۰/۴ تن در هکتار است و مقدار انحراف معیار آن برابر با ۵۹/۸۵ تن در هکتار است. در میان باندهای اصلی، باند مادون قرمز نزدیک (باند ۴) در مقایسه با سایر باندهای سنجنده TM از واریانس (۱۷/۸۲۸) و انحراف معیار (۳/۲) بیشتری برخوردار است (جدول ۱). نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که تمام متغیرهای تحقیق از منحنی نرمال پیروی می‌کنند، لذا فرض تطبیق داده‌ها با توزیع نرمال با اطمینان ۹۹ درصد تایید می‌شود.

تحلیل همبستگی پیرسون بین زیتوده روی زمینی در قطعات نمونه زمینی و ارزش‌های طیفی متناظر در باندهای اصلی و مصنوعی نشان می‌دهد که ضریب همبستگی در همه موارد مثبت است. در این میان، باند مادون قرمز نزدیک (باند ۴) بیشترین میزان همبستگی را با زیتوده روی زمینی دارد و ضریب همبستگی آن ۰/۴۲۷ است. پس از باند مادون قرمز نزدیک به ترتیب مولفه سبزینگی (۰/۴۱۶)، شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (۰/۴۰۵)، شاخص ساده پوشش گیاهی (۰/۳۹۳) و مولفه اول حاصل از تحلیل PCA کل باندهای اصلی این سنجنده (۰/۳۵۶)، دارای بیشترین میزان همبستگی با زیتوده روی زمینی هستند (جدول ۲).



جدول ۱- آماره های توصیفی داده های زمینی زیتوده و داده های دورسنجی سنجنده TM در محل قطعات نمونه

متغیرها	کمترین مقدار (MIN)	بیشترین مقدار (MAX)	دامنه تغییرات (R)	میانگین (Mean)	واریانس (variance)	انحراف معیار (Std.Deviation)
b1	۵۳/۴	۵۸/۱	۴/۸	۵۵/۶	۱/۱۴	۱/۰۶۷
b2	۲۱/۹	۲۴/۷	۲/۸	۲۳/۲	۰/۲۶۸	۰/۵۱۸
b3	۱۷/۸	۲۰/۱	۲/۳	۱۸/۸	۰/۲۶۸	۰/۵۱۸
b4	۶۴	۸۷/۱	۲۳/۱	۷۲/۹	۱۷/۸۲۸	۴/۲
b5	۵۷/۹	۷۳/۵	۱۵/۶۷	۶۶/۱	۹/۹۷۵	۳/۱۶
b7	۱۹/۷	۲۳/۹	۴/۲۲	۲۱/۹	۰/۹۰۱	۰/۹۵
VI	۱/۲	۳/۴	۴/۵۹	۳/۸۸	۰/۰۵۵	۰/۲۳۵
NDVI	۰/۱	۰/۵۴۱۲	۰/۶۴	۰/۵۹	۰/۰۰۰۳۹۴	۰/۰۱۹۹
Greenness	۱۶/۴	۱۶/۱	۳۲/۵۴	۲۲/۶	۹/۶۰۳	۳/۱
PCA1-5,7	۲۷/۰۵	۱۰۰/۹	۱۲۷/۹۴	۱۱۲/۸	۲۲/۵۶۸	۴/۷۵
AGB(ton/ha)	۱۸۰/۸۴	۴۴۸/۷۵	۲۶۷/۹	۲۸۰/۴۱	۳۵۸۲/۲	۵۹/۸۵

جدول ۲- نتایج تحلیل همبستگی میان زیتوده روی زمینی و باندهای اصلی و مصنوعی

متغیر دورسنجی	b1	b2	b3	b4	b5	b7	VI	NDVI	Greenness	PCA 1-5,7
مقدار همبستگی	۰/۰۰۱	۰/۳۳۶	۰/۰۲۶	۰/۴۲۷	۰/۲۱۱	۰/۱۴۲	۰/۳۹۳	۰/۴۰۵	۰/۴۱۶	۰/۳۵۶

همانگونه که اشاره شد روابط رگرسیونی ساده بین مقادیر زیتوده روی زمینی و ارزش های طیفی متنظر در قطعات نمونه زمینی با استفاده از مدل های رگرسیونی ساده خطی و غیرخطی مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس دو معیار ضریب تعیین تعدیل شده و اشتباه معیار برآورد، بهترین مدل ها انتخاب شدند (جدول ۳). مشاهده می شود که در میان این متغیرها، مدل رگرسیونی درجه دوم با مادون قرمز نزدیک (باند ۴) از مقدار ضریب تعیین تعدیل شده (۰/۲۱۴) بیشتری برخوردار است. مولفه سبزینگی با ضریب تعیین تعدیل شده (۰/۱۹۳) و شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده با ضریب تعیین تعدیل شده ۰/۱۵۸ در رتبه های بعدی قرار دارند. ابر نقاط بهترین مدل رگرسیونی (باند ۴) در شکل ۲ آورده شده است. به طور کلی مناسب ترین مدل در میان باندهای اصلی مربوط به مدل درجه دوم با باند ۴ و مناسب ترین مدل در میان باندهای مصنوعی مربوط به مولفه سبزینگی است.



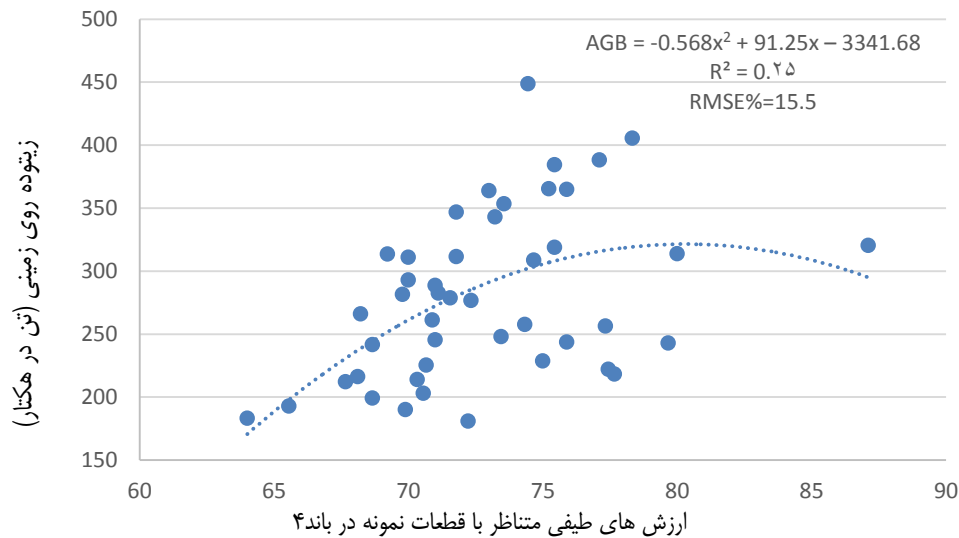
جدول ۳- مناسب‌ترین مدل‌های حاصل از روابط رگرسیونی یک متغیره بین زیتوده روی زمینی و ارزش‌های طیفی

مدل	اشتباه معیار برآورد (SEE)	ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{Adj})	ضریب تعیین (R^2)	باند
$AGB = -3.144x^2 + 350.51x - 9484.96$	۶۷/۴۳	-۰/۰۴۳	۰/۰۰۴	b1
$AGB = 0.001x^{3.889}$	۰/۲۱۹	۰/۱۱۷	۰/۱۳۷	b2
$AGB = -25.23x^2 + 950.8x - 8671.23$	۶۶/۹	-۰/۰۲۶	۰/۰۲۱	b3
$AGB = -0.568x^2 + 91.25x - 3341.68$	۵۸/۵۶	۰/۲۱۴	۰/۲۵	b4
$AGB = 2.906x^{1.084}$	۰/۲۳	۰/۰۲۸	۰/۰۵	b5
$AGB = -6.24x^2 + 281.64x - 2890.6$	۶۶/۵۵	-۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	b7
$AGB = 31.5x^{1.59}$	۰/۲۱۵	۰/۱۵۲	۰/۱۷۱	VI
$AGB = 1278.2x^{2.91}$	۰/۲۱۴	۰/۱۵۸	۰/۱۷۷	NDVI
$AGB = -1.06x^2 + 59.1x - 501.88$	۵۹/۳	۰/۱۹۳	۰/۲۳	Greenness
$AGB = 0.013x^{2.1}$	۰/۲۱۹	۰/۱۲۲	۰/۱۴۲	PCA1-5,7

چهار مدل مناسب از میان مدل‌های بدست آمده از روابط رگرسیونی یک متغیره بین زیتوده و متغیرهای سنجش از دوری این تحقیق بر اساس بیشترین مقدار ضریب تعیین تعدیل شده و کمترین مقدار اشتباه معیار برآورد در جدول ۴ آمده است. بر اساس این جدول باند مادون قرمز نزدیک، مولفه سبزیگی تبدیل تسلدکپ، شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده و شاخص ساده گیاهی به ترتیب دارای بیشترین مقدار ضریب تعیین تعدیل شده هستند. همانطور که قبلاً نیز بیان شد، اعتبارسنجی این تحقیق با استفاده از ۲۰ قطعه نمونه شاهد و با استفاده از جذر میانگین مربع خطا (RMSE) صورت گرفت. مقدار جذر میانگین مربع خطا و درصد آن برای هر کدام از ۴ مدل در نظر گرفته شده نیز محاسبه شد که مقدار آن برای متغیرهای یاد شده به ترتیب برابر، ۴۳/۵ (۰/۱۵/۵)، ۴۳/۶ (۰/۱۵/۵)، ۴۲/۳ (۰/۱۵/۰۶) و ۴۲/۴ (۰/۱۵/۰۶) می‌باشد.

جدول ۴- مشخصات بهترین مدل‌های رگرسیونی یک متغیره

مقدار RMSE (تن در هکتار)	مدل	ضریب تعیین تعدیل شده (R^2_{Adj})	متغیر سنجش از دوری
۴۳/۵ (۰/۱۵/۵)	$AGB = -0.568x^2 + 91.25x - 3341.68$	۰/۲۱۴	b4
۴۳/۶ (۰/۱۵/۵)	$AGB = -1.06x^2 + 59.1x - 501.88$	۰/۱۹۳	Greenness
۴۲/۳ (۰/۱۵/۰۶)	$AGB = 1278.2x^{2.91}$	۰/۱۵۸	NDVI
۴۲/۴ (۰/۱۵/۰۶)	$AGB = 31.5x^{1.59}$	۰/۱۵۲	VI



شکل ۲- ابر نقاط بین زیتوده روی زمینی و ارزش های طیفی باند ۴ در محل قطعات نمونه

۴- بحث و نتیجه گیری

برآورد و پایش زیتوده روی زمینی برای مطالعات تغییر اقلیم، تولید، چرخه کربن، رفتار آتش و غیره در اکوسیستم های زمینی خصوصا اکوسیستم های جنگلی ضروری است. در این تحقیق رابطه بین بازتاب های طیفی ثبت شده در باندهای سنجنده TM ماهواره لندست ۵ و زیتوده روی زمینی در توده های خالص راش جنگل های شمال ایران به منظور تعیین قابلیت این داده سنجنش از دوری برای مدل سازی برآورد زیتوده مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که قبلا بیان شد باند مادون قرمز نزدیک (باند ۴) بیشترین میزان همبستگی را با زیتوده روی زمینی دارد و ضریب همبستگی آن مثبت و برابر با ۰/۴۲۷ بوده است. یکی از دلایل همبستگی به نسبت بیشتر این باند در مقایسه با باندهای دیگر با زیتوده این است که طیف مادون قرمز نزدیک کمتر تحت تاثیر پخش اتمسفری قرار می گیرند؛ لذا انرژی بازتاب شده از پوشش گیاهی با سهولت بیشتری به سنجنده می رسد. پس از باند مادون قرمز نزدیک، به ترتیب مولفه سبزیگی، شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده و شاخص ساده پوشش گیاهی حاصل از باندهای سنجنده TM به ترتیب دارای همبستگی به نسبت بیشتری با زیتوده روی زمینی هستند. از جمله منابع خطا که منجر به افزایش مقدار جذر میانگین مربع خطا می شود، می توان به مواردی همچون خطای اندازه گیری قطر برابر سینه درختان در آماربرداری، خطای دستگاه جی پی اس برای تعیین مختصات قطعات نمونه، خطا در محاسبه میزان زیتوده بر اساس حجم است. نتایج بدست آمده از تحلیل رگرسیونی بین زیتوده روی زمینی و ارزش های طیفی متناظر در این تحقیق، ایده امکان برآورد زیتوده روی زمینی توده های خالص راش این جنگل ها را با استفاده از داده های سنجنده TM تقویت نمود. به طور کلی نتایج اعتبارسنجی مدل حاصله برای برآوردهای کلی زیتوده در این تحقیق حاکی از مناسب بودن آن در منطقه مورد مطالعه است، اما کم بودن نسبی ضریب تبیین تعدیل شده مدل، نشان دهنده تاثیرگذار بودن سایر عوامل بر میزان بازتاب در این توده ها است. پیشنهاد می شود در مطالعات تکمیلی، برای بهبود برآورد زیتوده روی زمینی از داده های دورسنجی با توان تفکیک مکانی و طیفی بیشتر و روش های آماری ناپارامتریک استفاده شود.

مراجع

- [1] T., Le Toan, S., Quegan, M.W.J., Davidson, H., Balzter, P., Paillou, K., Papathanassiou, S., Plummer, F. Rocca, S., Saatchi, H., Shugart, and L, Ulander, "The Biomass mission: Mapping global forest biomass to better understand the terrestrial carbon cycle". *Remote Sensing of Environment* 115, 2850-2860, 2011.



- [2] G., Wang, M., Zhang, G.Z., Gertner, T., Oyana, R.E., McRoberts, and H, Ge, "Uncertainties of mapping aboveground forest carbon due to plot locations using national forest inventory plot and remotely sensed data". *Scandinavian Journal of Forest Research* 26, 360-373, 2011.
- [3] M. R. Marvie Mojadjer, "Silviculture" Tehran: university of Tehran Press, 420p, 2011.
- [4] S. Amini Baneh, "Investigation on the possibility to estimation of forest above ground biomass using SPOT HRG sensor data and different algorithm of weighted K-Nearest Neighbor approach: case study of Darabkola forest", Ms.c Thesis. Department of Forestry at Sari Agriculture and Natural Resource University, 2013 (Persian).
- [5] Y. Sadeghi, "Forest Biomass Estimation Using Satellite Optical and SAR Images", Ms.c Thesis. Department of Surveying and Geomatics Engineering at the University of Tehran, 2010. (Persian).
- [6] R. Khorrani, A. A. Darvishsefat, and M. Namiranian, 2008. Investigation on the Capability of Landsat7 ETM+ data for Standing Volume Estimation of Beech Stands (Case Study: Sangdeh Forests). *Journal of the Iranian Natural Res.*, Vol. 60, No. 4, pp.1281-1289, 2008.
- [7] A., Wijaya, S., Kusnadi, R., Gloaguen, and H. Heilmeyer, "Improved strategy for estimating stem volume and forest biomass using moderate resolution remote sensing data and GIS". *Journal of Forestry Research*, 21(1), 1-12, 2010.
- [8] P., Muukkonen, J. Heiskanen, "Estimating biomass for boreal forests using ASTER satellite data combined with standwise forest inventory data". *Remote Sensing of Environment* 99: 434-447, 2005.
- [9] H., Mäkelä, and A. Pekkarinen, "Estimation of forest stand volumes by Landsat TM imagery and stand-level field-inventory data". *Forest ecology and management*, 196(2), 245-255, 2004.
- [10] M, Namiranian. "Measurement of tree and forest biometry" Tehran: university of Tehran Press, 620p, 2009.
- [11] S., Brown, and A. E. Lugo, "Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volume". *Science* 223, 1290-1293, 1984.
- [12] FAO, "Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer". FAO Forestry: 134 p, 1997.
- [13] A, Rezaei, and A. Soltani, "Introduction to applied regression analysis": Isfahan, Isfahan University of Technology Press, 294p, 2003.



Modeling of woody biomass estimation using TM sensor data in fagus orientalis stands of Hyrcanian forests (Case Study: Khyroud forest)

Ronoud, Gh.*

Ms.c student, Faculty of Natural Resources, Dept. Of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, Karaj-Iran

Abstract

In this study, the Above-Ground Biomass (AGB) of Iranian northern beech forests was estimated by TM sensor of Landsat 5 satellite. For estimation of above-ground biomass, 65 sample plots with dimensions of 45m × 45m were laid out in the field. In each sample plot, diameter at the breast height (DBH) of trees higher than 7.5cm was measured and consequently, the above-ground biomass was calculated for each sample plot. Required Pre-processing and processing tasks was carried out on the images. 45 and 20 sample plots were considered for modelling and validation processes, respectively. Pearson correlation between above-ground biomass in sample plots and correspond spectral values in artificial and main bands showed that the near infra-red band (band 4) was most correlated with above-ground biomass at 99% confidence level and correlation coefficient of 0.427. Different univariate linear and non-linear regressions models were developed between AGB and all bands. To validate the models, R^2_a and RMSE were calculated based on AGB estimated from test data (30 percentages of observations). Implementing of simple linear regression method between above-ground biomass and all other remotely sensed variables include artificial and main bands revealed that the Quadratic model (with NIR band) with adjusted R square=0.214 and RMSE=15/5 % is the best model for estimation of Iranian northern beech forests above-ground biomass in studied area.

Keywords: Biomass, Estimation, Regression, Beech, Landsat 5