فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۲ شماره ۴، صفحه ۷۰۱-۶۸۷، (۱۳۹۳)

اندازه‌گیری و مدل‌سازی وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ به‌روش آلومتری در یک جنگل راش- ممرز، ارتفاع میان‌بند جنگل‌های هیرکانی، ایران

رامین رحمانی[۱*]، سمیه قربانی[۲] و معصومه نقاش‌زرگران[۲]

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
پست الکترونیک: rahmani@gau.ac.ir
۲- کارشناس ارشد جنگلداری، گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۱۹

چکیده

وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ در فرایندهای زیستی مؤثر بر تولید جنگل شامل فتوسنتز، چرخه آب و عناصر غذایی نقش بسزایی دارند. در این پژوهش وزن لاشریزه یک توده راش- ممرز واقع در ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی (طرح جنگلداری نکا- ظالمرود، بخش پنج) با استفاده از ۲۷ جمع‌آوری‌کننده لاشریزه به‌مدت یکسال اندازه‌گیری شد. همچنین شاخص سطح برگ با روش وزنی و به‌وسیله دستگاه سطح‌برگ‌سنج و نیز لوله برش به‌دست آمد. بااستفاده از مشخصه‌های آلومتریک شامل تراکم، رویه زمینی، حجم تنه، مساحت و حجم تاج، برای برآورد وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ، مدل رگرسیون ارائه شد. وزن کل لاشریزه ۵/۴۷۲ و وزن لاشبرگ ۳/۷۰۷ تن در هکتار در سال به‌دست آمد. میانگین شاخص سطح برگ با دستگاه سطح‌برگ‌سنج ۷/۵ و با لوله برش ۷/۷ به‌دست آمد. نتایج حاکی از آن است که مساحت و حجم تاج به‌دلیل داشتن ضریب تعیین بزرگ‌تر و خطای کوچک‌تر، برای برآورد وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ نسبت به سایر مشخصه‌های آلومتریک مناسب‌تر هستند. مدل‌های توده راش- ممرز نسبت به مدل‌های گونه راش و ممرز از خطای کمتری برخوردار بودند و دقت مدل‌های گونه ممرز خیلی کمتر از راش بود.

واژه‌های کلیدی: تاج‌پوشش، روش وزنی، سطح برگ ویژه، لاشبرگ، مشخصه‌های آلومتریک، وزن خشک.

مقدمه

تاج‌پوشش، محل وقوع فرایندهای فیزیکی و بایوژئوشیمیایی در بوم‌سازگان جنگل می‌باشد (Asner *et al*., 2003). برخی از این فرایندها مانند فتوسنتز، اتلاف تاجی و چرخه عناصر غذایی در پایداری بوم‌سازگان جنگل اهمیت بسزایی دارند. از وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ برای تشریح ساختار تاج‌پوشش و تبادل گاز کربنیک، بخار آب و سایر مواد، بین پوشش گیاهی با بایوسفر و اتمسفر در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی (McWilliam *et al*., 1993; Scurlock *et al*., 2001a) استفاده می‌شود.

از وزن لاشریزه به عنوان شاخص سلامتی (Pedersen & Bille-Hansen, 1999) و شاخص حاصلخیزی بوم‌سازگان جنگل (Olson, 1963) استفاده شده است. شاخص سطح برگ یک متغیر ورودی مهم در مدل‌های

Archive of SID
www.SID.ir

حاصلخیزی و هیدرولوژی جنگل (Parton *et al*., 1992; Potter *et al*., 2001) می‌باشد. استفاده از داده‌های دورسنجی و تولید شاخص‌های طیفی برای برآورد شاخص سطح برگ (Turner *et al*., 2000) در عرصه‌های جغرافیایی وسیع و در سطح کره زمین، نیازمند اندازه‌گیری‌های دقیق شاخص سطح برگ در نقاط مرجع می‌باشد.

برآورد شاخص سطح برگ با استفاده از روش مستقیم به‌عنوان دقیق‌ترین روش شناخته می‌شود (Chen *et al*., 1997). در این روش، برگ‌ها با استفاده از روش تخریبی (قطع درخت یا شاخ و برگ آن) و یا بوسیله جمع‌آوری‌کننده لاشریزه برداشت می‌شوند (Jonckheere *et al*., 2004). در روش غیرمستقیم، شاخص سطح برگ به‌واسطه مشخصه‌هایی که اندازه‌گیری آنها آسانتر است (زمان کمتر، نیروی انسانی کمتر و فناوری محور) به‌دست می‌آید (Fassnacht *et al*., 1994; Gower *et al*., 1999). در دهه اخیر گرایش به استفاده از روش‌های غیرمستقیم برای برآورد شاخص سطح برگ افزایش یافته است (Scurlock *et al*., 2001a). البته نمی‌توان روش‌های اندازه‌گیری مستقیم را به‌طور کامل کنار گذاشت، زیرا کالیبره کردن روش‌های غیرمستقیم با استفاده از داده‌های حاصل از اندازه‌گیری مستقیم صورت می‌گیرد (Cutini *et al*., 1998; Jonckheere *et al*., 2004).

در روش آلومتری، برمبنای رابطه‌های بین سطح برگ و کمیت اندام یا اندام‌های گیاه چوبی که برگ بر آن می‌روید مانند قطر تنه، ارتفاع درخت، ارتفاع تاج و مانند اینها، شاخص سطح برگ بطور غیرمستقیم برآورد می‌شود (Jonckheere *et al*., 2004). همچنین از حجم تاج برای برآورد وزن لاشبرگ استفاده می‌شود (Miller & Winer, 1984; Karlik & Winer, 1999; Karlik & Winer, 2001).

در حال حاضر از وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ در جنگل‌های منطقه هیرکانی با مساحت حدود ۱/۸ میلیون هکتار (Mirakhorlou & Akhavan, 2008) که ارزشمندترین جنگل‌های ایران را تشکیل می‌دهند، اطلاعی در دست نیست.

این تحقیق با هدف ۱) برآورد وزن لاشریزه سالانه و اجزاء آن و تعیین شاخص سطح برگ با استفاده از روش اندازه‌گیری مستقیم، ۲) تعیین ارتباط بین وزن لاشریزه، اجزاء آن و شاخص سطح برگ با مشخصه‌های آلومتریک شامل تراکم، رویه‌زمینی، حجم تنه، مساحت تاج و حجم تاج و ۳) ارائه مدل‌های مناسب برای پیش‌بینی وزن لاشریزه، اجزاء آن و شاخص سطح برگ با استفاده از مشخصه‌های آلومتریک در یک توده راش- ممرز واقع در ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این بررسی در یک توده راش- ممرز با مساحت تقریبی شش هکتار در پارسل ۱۲۱، بخش پنج، طرح جنگلداری نکا- ظالمرود انجام شد. راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، ممرز (*Carpinus betulus* L.)، توسکا ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A. Mey.)، پلت (*Acer insigne* Boiss.)، خرمندی (*Diospyros lotus* L.)، نمدار (*Tilia platyphyllos* Scop.)، انجیلی (*Parrotia persica* C.A. Mey.)، ملج (*Ulmus glabra* Huds.)، شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.) مهمترین درختان این توده می‌باشند (Anonymous, 1995). براساس اطلاعات پانزده ساله ایستگاه هواشناسی سرکت تجن (sar-kat-e-tajan)، میانگین بارندگی سالانه ۱۲۸۳ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Anonymous, 1997). این منطقه فاقد فصل خشک است و از نظر تقسیم‌بندی آمبرژه در طبقه اقلیمی سرد و مرطوب قرار دارد. توده مورد بررسی در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی واقع شده است. ارتفاع از سطح دریا ۶۰۰ متر، متوسط شیب ۲۵ درصد و جهت دامنه رو به شمال می‌باشد. خاک از نوع قهوه‌ای جنگلی دارای رطوبت کافی، افق A عمیق و حاصلخیز با pH بین ۶/۵ تا ۵/۵ و افق B رسی و فشرده

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد. سنگ مادر از نوع رسوبی و دارای کربنات کلسیم فراوان است (Anonymous, 1995). تراکم درختان ۲۶۶/۴ اصله در هکتار، مجموع سطح مقطع در ارتفاع برابر سینه ۲۸/۶ متر مربع در هکتار، حجم تنه ۴۳۱/۳ سیلو در هکتار و تاج‌پوشش تقریبا کامل (بیش از ۹۰ درصد) می‌باشد (Naghash Zargaran, 2001).

روش تحقیق

در این توده، سی قطعه نمونه دایره‌ای به مساحت یکدهم هکتار، بطور تصادفی منظم و با فاصله پنجاه متر انتخاب شدند. در هر قطعه نمونه، مشخصات تمامی درختان دارای قطر برابر سینه ۷/۵ سانتی‌متر و بیشتر شامل گونه، قطر برابر سینه (به‌وسیله کالیپر با دقت سانتی‌متر)، ارتفاع کل و ارتفاع شروع تاج (به‌وسیله تله‌رلاسکوپ با دقت دسی‌متر) و شعاع تاج در چهار جهت جغرافیایی (به‌وسیله متر با دقت دسی‌متر) ثبت شد. مساحت تاج با استفاده از مدل دایره و حجم تاج با استفاده از مدل پارابلوئید محاسبه شد (McPherson & Rowntree, 1984; Karlik & Winer, 1999; Karlik & McKay, 2002).

برای نمونه‌برداری از لاشریزه، در مرکز تمامی قطعات نمونه، یک جمع‌آوری‌کننده لاشریزه به شکل استوانه، به قطر ۵۸ سانتی‌متر و عمق ۵۰ سانتی‌متر در ارتفاع ۵۰ سانتیمتری نصب شد (McShane *et al.*, 1983; Morrison, 1991). در مدت انجام پژوهش سه جمع‌آوری‌کننده لاشریزه از بین رفت. بنابراین تجزیه و تحلیل با داده‌های بیست و هفت جمع‌آوری‌کننده لاشریزه انجام شد. مجموعه مواد حاصل از ریزش لاشریزه به داخل جمع‌آوری‌کننده‌ها طی یک‌سال، در ماه‌های آبان و آذر هر دو هفته یک‌بار و در بقیه طول سال هر دو ماه یک‌بار برداشت شدند.

لاشریزه، شامل تمامی مواد آلی که از تاج درختان می‌ریزد، به اجزا تشکیل‌دهنده، تفکیک و لاشبرگ، شامل تمامی برگ‌هایی که از تاج درختان می‌ریزند، براساس گونه جدا شدند. تمامی اجزا تشکیل دهنده لاشریزه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت (Bussotti *et al.*, 1997) خشک شدند. وزن لاشریزه‌های سبک‌تر از یک گرم با دقت یک‌هزارم گرم و سنگین‌تر از یک گرم با دقت یک‌صدم گرم اندازه‌گیری شد.

در این پژوهش، شاخص سطح برگ به عنوان مساحت یک طرف برگ‌ها در واحد سطح زمین تعریف می‌شود (Scurlock *et al.*, 2001a). این شاخص با روش وزنی محاسبه شد (Adl, 2007). سطح برگ ویژه با استفاده از دستگاه سطح‌برگ‌سنج (Delta-T Leaf area meter) و لوله برش (Adl, 1994) به قطر ۱/۹۸۷ سانتی‌متر انجام شد. به‌وسیله دستگاه سطح‌برگ‌سنج و معادله ۱، سطح برگ ویژه به‌دست آمد. با لوله برش از لاشبرگ‌های سالم مقاطع دایره‌ای تهیه و برای محاسبه سطح برگ ویژه از معادله ۲ استفاده شد. مقایسه میانگین‌های سطح برگ ویژه حاصل از دستگاه سطح‌برگ‌سنج و لوله برش با استفاده از آزمون تی در سطح پنج درصد انجام شد. مساحت لاشبرگ و شاخص سطح برگ با استفاده از معادله‌های ۳ و ۴ محاسبه شدند. برای برآورد مساحت لاشبرگ و شاخص سطح برگ از سطح برگ ویژه حاصل از دستگاه سطح‌برگ‌سنج و لوله برش استفاده شد.

$$\text{سطح برگ ویژه} = \frac{\text{وزن خشک لاشبرگ}}{\text{مساحت لاشبرگ}} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$\text{سطح برگ ویژه} = \frac{\text{وزن خشک مقاطع دایره‌ای}}{\text{مساحت مقاطع دایره‌ای}} \quad \text{معادله (۲)}$$

$$\text{مساحت لاشبرگ} = \text{سطح برگ ویژه} \times \text{وزن خشک لاشبرگ} \quad \text{معادله (۳)}$$

$$\text{شاخص سطح برگ} = \frac{\text{مساحت جمع‌آوری‌کننده لاشریزه}}{\text{مساحت لاشبرگ}} \quad \text{معادله (۴)}$$

مقایسه میانگین‌های شاخص سطح برگ حاصل از دستگاه سطح‌برگ‌سنج و لوله برش با استفاده از آزمون تی در سطح پنج درصد انجام شد. از مشخصه‌های آلومتریک توده شامل تراکم (تعداد در یکدهم هکتار)، رویه‌زمینی (متر

Archive of SID

www.SID.ir

مربع در یکدهم هکتار)، حجم تنه (متر مکعب در یکدهم هکتار)، مساحت تاج (متر مربع در یکدهم هکتار) و حجم تاج (متر مکعب در یکدهم هکتار) برای مدل‌سازی استفاده شد. ارتباط مشخصه‌های آلومتریک با وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ به‌وسیله ضریب همبستگی پیرسون در سطح پنج درصد بررسی شد. برای بدست آوردن معادله از رگرسیون یک متغیره و مدل‌های خطی و غیرخطی استفاده شد. ارتباط بین مشخصه‌های آلومتریک با وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ به‌نحوی است که با تمایل مشخصه‌های آلومتریک به سمت صفر، وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ نیز به سمت صفر میل می‌کند. بنابراین برای مدل‌سازی از معادله رگرسیونی که خط آن از مبدا مختصات می‌گذرد استفاده شد. انتخاب مناسب‌ترین مدل برمبنای دارا بودن ضریب تعیین (r^2) بزرگتر و خطای کوچکتر که به اختصار %RMSE (Root Mean Squared Error) نامیده می‌شود، انجام شد.

نتایج

وزن خشک تمامی موادی که در طول یکسال از تاج‌پوشش جنگل به جمع‌آوری‌کننده‌های لاشریزه ریخت، در جدول ۱ آورده شده است. وزن خشک لاشبرگ به‌طور جداگانه و وزن خشک بقیه اجزا تشکیل دهنده لاشریزه با عنوان وزن سایر مواد آلی (بجز لاشبرگ) ذکر شده است. لاشبرگ‌ها دوسوم و سایر مواد آلی یک‌سوم از وزن خشک لاشریزه را تشکیل می‌دهند.

جدول ۱- میانگین وزن خشک مشخصه‌های لاشریزه در یک توده راش- ممرز (ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی)

مشخصه‌های لاشریزه	وزن خشک (تن در هکتار در سال)		درصد
	میانگین	حدود اعتماد (درصد خطا)	
کل لاشریزه	۵/۴۷۲	۵/۰۰۳-۵/۹۴۰ (۸/۶)	۱۰۰
لاشبرگ	۳/۷۰۷	۳/۴۲۱-۳/۹۹۳ (۷/۷)	۶۷/۷
سایر مواد آلی (بجز لاشبرگ)	۱/۷۶۵	۱/۴۷۵-۲/۰۵۴ (۱۶/۴)	۳۲/۳
شاخه (قطر ≥ ۲ سانتیمتر)	۰/۵۸۶	۰/۳۷۸-۰/۷۹۳ (۳۵/۵)	۱۰/۷۰
میوه	۰/۲۹۹	۰/۱۶۹-۰/۴۳۰ (۴۳/۴)	۵/۴۷
فلس جوانه	۰/۲۶۳	۰/۲۳۴-۰/۲۹۳ (۱۱/۱)	۴/۸۱
بذر	۰/۰۷۲	۰/۰۴۱-۰/۱۰۲ (۴۲/۸)	۱/۳۱
مواد گیاهی خرد شده (غیرقابل شناسایی)	۰/۰۶۰	۰/۰۴۵-۰/۰۷۵ (۲۵/۳)	۱/۱۰
پوست درخت	۰/۰۵۱	۰/۰۲۳-۰/۰۸۰ (۵۵/۶)	۰/۹۴
شاتون توسکا ییلاقی	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰-۰/۰۳۳ (۱۳۰/۳)	۰/۲۶
خزه	۰/۰۳۸	۰/۰۱۵-۰/۰۶۱ (۵۹/۶)	۰/۷۰
مواد ناشناخته (غیر گیاهی)	۰/۳۸۱	۰/۲۹۰-۰/۴۷۲ (۲۳/۹)	۶/۹۶

میانگین سطح برگ ویژه حاصل از دستگاه سطح‌برگ‌سنج و لوله برش در جدول ۲ آورده شده است. میانگین‌های سطح برگ ویژه حاصل از دستگاه سطح‌برگ‌سنج به عنوان داده‌های واقعی محسوب می‌شوند. مقایسه مقادیر حاصل از دستگاه سطح‌برگ‌سنج با لوله برش نشان می‌دهد که لوله برش، سطح برگ ویژه گونه‌های راش،

Archive of SID

www.SID.ir

ممرز، پلت، خرمندی، نمدار، ملج و شیردار را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. مقدار این خطا در برگ‌هایی که رگبرگ‌های ضخیم‌تر دارند مانند پلت، شیردار و ملج بیشتر و در برگ‌هایی که رگبرگ‌های نازک دارند مانند راش و ممرز حداقل می‌باشد.

جدول ۲- میانگین سطح برگ ویژه گونه‌های درختی در یک توده راش- ممرز (ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی)

گونه	سطح برگ ویژه (سانتی‌متر مربع بر گرم)				نتیجه آزمون تی
	دستگاه سطح‌برگ‌سنج		لوله برش		
	میانگین	حدود اعتماد	میانگین	حدود اعتماد	
راش	۲۱۰/۸	۲۰۲/۳-۲۱۹/۴	۲۱۲/۵	۲۰۳/۸-۲۲۱/۲	ns
ممرز	۱۸۵/۵	۱۷۶/۷-۱۹۴/۴	۱۸۸/۲	۱۷۸/۶-۱۹۷/۷	ns
پلت	۱۳۶/۱	۱۲۶/۶-۱۴۵/۷	۱۶۵/۰	۱۵۴/۲-۱۷۵/۸	*
توسکا ییلاقی	۲۰۰/۷	۱۸۰/۶-۲۲۰/۷	۱۹۸/۴	۱۷۴/۹-۲۲۲/۰	ns
خرمندی	۲۶۲/۱	۲۴۶/۶-۲۷۷/۶	۲۶۹/۲	۲۴۹/۷-۲۸۸/۷	ns
نمدار	۱۴۸/۹	۱۴۰/۹-۱۵۶/۹	۱۵۹/۱	۱۴۸/۶-۱۶۹/۶	ns
انجیلی	۲۵۲/۰	۲۲۸/۱-۲۷۵/۹	۲۵۱/۶	۲۳۱/۲-۲۷۲/۰	ns
ملج	۳۰۴/۱	۲۸۵/۵-۳۲۲/۸	۳۶۴/۱	۳۲۹/۵-۳۹۸/۷	*
شیردار	۲۴۷/۴	۲۱۳/۵-۲۸۱/۳	۴۱۸/۰	۳۹۶/۳-۴۳۹/۸	*

*: در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد و ns: در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

وزن لاشبرگ و شاخص سطح برگ گونه‌های درختی در جدول ۳ دیده می‌شود. مقایسه میانگین‌های شاخص سطح برگ حاصل از دستگاه سطح‌برگ‌سنج و لوله برش بوسیله آزمون تی نشان داد که بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- میانگین وزن خشک لاشبرگ و شاخص سطح برگ در یک توده راش- ممرز (ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی)

گونه	وزن خشک لاشبرگ (تن در هکتار در سال)		شاخص سطح برگ*			
			دستگاه سطح‌برگ‌سنج		لوله برش	
	میانگین	حدود اعتماد	میانگین	حدود اعتماد	میانگین	حدود اعتماد
راش	۲/۲۹۳	۱/۹۶۹-۲/۶۱۷	۴/۸	۴/۲-۵/۵	۴/۹	۴/۲-۵/۶
ممرز	۰/۷۳۴	۰/۵۷۴-۰/۸۹۴	۱/۴	۱/۱-۱/۷	۱/۴	۱/۱-۱/۷
پلت	۰/۱۵۶	۰/۰۱۵-۰/۲۹۶	۰/۲	۰/۰۲-۰/۴	۰/۳	۰/۰۲-۰/۵
توسکا ییلاقی	۰/۱۴۲	۰/۰۷۲-۰/۲۱۲	۰/۳	۰/۱-۰/۴	۰/۳	۰/۱-۰/۴
خرمندی	۰/۱۳۲	۰/۰۱۶-۰/۲۴۸	۰/۳	۰/۰۴-۰/۷	۰/۴	۰/۰۴-۰/۷
نمدار	۰/۰۸۴	۰/۰۰۰-۰/۱۹۸	۰/۱	۰/۰-۰/۳	۰/۱	۰/۰-۰/۳
انجیلی	۰/۰۴۴	۰/۰۱۰-۰/۰۷۹	۰/۱	۰/۰۳-۰/۲	۰/۱	۰/۰۳-۰/۲
ملج	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰-۰/۰۱۱	۰/۰۱	۰/۰-۰/۳	۰/۰۲	۰/۰۰-۰/۰۴
شیردار	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰-۰/۰۰۸	۰/۰۱	۰/۰۰-۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰-۰/۰۳
ناشناخته (برگ خرد شده)	۰/۰۹۴	۰/۰۸۰-۰/۱۰۹	۰/۲۰	۰/۱۷-۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۰-۰/۲۷
عشقه	۰/۰۱۶	۰/۰۰۷-۰/۰۲۵	NM	NM	NM	NM
درواش	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱-۰/۰۰۵	NM	NM	NM	NM
توده راش- ممرز	۳/۷۰۷	۳/۴۲۱-۳/۹۹۳	۷/۵	۶/۹-۸/۱	۷/۷	۷/۱-۸/۲

*: بر اساس آزمون تی، بین میانگین‌های شاخص سطح برگ که با استفاده از دستگاه سطح‌برگ‌سنج و لوله برش برآورد شدند، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.
NM: اندازه‌گیری نشد.

ارتباط وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ با مشخصه‌های آلومتریک توده و گونه با استفاده از مدل‌های خطی و غیرخطی بررسی و مشخص شد که مدل توانی برای برازش داده‌ها مناسب‌تر است. در جدول ۴ مدل‌های توانی توده راش- ممرز، در جدول ۵ مدل‌های توانی گونه راش و در جدول ۶ مدل‌های توانی گونه ممرز که با استفاده از مساحت و حجم تاج بدست آمد، آورده شده است. این مدل‌ها در مقایسه با مدل‌های حاصل از سایر مشخصه‌های آلومتریک دارای ضریب تعیین بزرگ‌تر و خطای کوچک‌تر هستند و وزن لاشریزه، وزن لاشبرگ و شاخص سطح برگ را دقیق‌تر برآورد می‌کنند. به همین دلیل مدل‌های حاصل از سایر مشخصه‌های آلومتریک ارائه نشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مدل‌سازی وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ در یک توده راش- ممرز (ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی)

وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ (Y)	مشخصه‌های آلومتریک (X)	ضریب تعیین (r^2)	مدل رگرسیون ($Y = X^a$)	اندازه خطا (%RMSE)
وزن لاشبرگ	مساحت تاج	۰/۹۹۴	$Y = X^{۱/۳۴۲}$	۶۳
	حجم تاج	۰/۹۹۶	$Y = X^{۱/۰۳۴}$	۵۱
وزن سایر مواد آلی (بجز لاشبرگ)	مساحت تاج	۰/۹۹۲	$Y = X^{۱/۲۱۱}$	۶۶
	حجم تاج	۰/۹۹۴	$Y = X^{۰/۹۳۴}$	۵۳
وزن لاشریزه	مساحت تاج	۰/۹۹۴	$Y = X^{۱/۴۰۵}$	۶۸
	حجم تاج	۰/۹۹۶	$Y = X^{۱/۰۸۳}$	۵۳
شاخص سطح برگ (دستگاه سطح‌برگ‌سنج)	مساحت تاج	۰/۹۸۷	$Y = X^{۰/۳۳۰}$	۲۳
	حجم تاج	۰/۹۸۸	$Y = X^{۰/۲۵۵}$	۲۲
شاخص سطح برگ (لوله برش)	مساحت تاج	۰/۹۸۷	$Y = X^{۰/۳۲۷}$	۲۳
	حجم تاج	۰/۹۸۸	$Y = X^{۰/۲۵۲}$	۲۱

مدل‌سازی با داده‌های ۲۷ قطعه نمونه یک‌دهم هکتاری انجام شد.

جدول ۵- مدل‌سازی وزن لاشبرگ و شاخص سطح برگ راش در یک توده راش- ممرز (ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی)

وزن لاشبرگ و شاخص سطح برگ (Y)	مشخصه‌های آلومتریک (X)	ضریب تعیین (r^2)	مدل رگرسیون ($Y = X^a$)	اندازه خطا (%RMSE)
وزن لاشبرگ	مساحت تاج	۰/۹۸۴	$Y = X^{۱/۴۰۰}$	۹۴
	حجم تاج	۰/۹۸۵	$Y = X^{۱/۰۴۹}$	۷۹
شاخص سطح برگ (دستگاه سطح‌برگ‌سنج)	مساحت تاج	۰/۹۸۴	$Y = X^{۱/۴۰۰}$	۳۴
	حجم تاج	۰/۹۶۰	$Y = X^{۰/۲۱۰}$	۳۲
شاخص سطح برگ (لوله برش)	مساحت تاج	۰/۹۵۶	$Y = X^{۰/۲۸۱}$	۳۴
	حجم تاج	۰/۹۶۰	$Y = X^{۰/۲۱۱}$	۳۲

مدل‌سازی با داده‌های ۲۷ قطعه نمونه یک‌دهم هکتاری انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶- مدل‌سازی وزن لاشبرگ و شاخص سطح برگ ممرز در یک توده راش- ممرز (ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی)

وزن لاشبرگ و شاخص سطح برگ (Y)	مشخصه‌های آلومتریک (X)	ضریب تعیین (r^2)	مدل رگرسیون ($Y = X^a$)	اندازه خطا (%RMSE)
وزن لاشبرگ	مساحت تاج	۰/۹۷۴	$Y = X^{۱/۳۵۱}$	۹۸
	حجم تاج	۰/۹۷۹	$Y = X^{۰/۹۸۴}$	۶۹
شاخص سطح برگ (دستگاه سطح‌برگ‌سنج)	مساحت تاج	۰/۱۱۷	$Y = X^{۰/۰۴۴}$	۵۴
	حجم تاج	۰/۱۱۱	$Y = X^{۰/۰۳۱}$	۵۵
شاخص سطح برگ (لوله برش)	مساحت تاج	۰/۱۳۱	$Y = X^{۰/۰۴۷}$	۵۴
	حجم تاج	۰/۱۲۵	$Y = X^{۰/۰۳۳}$	۵۴

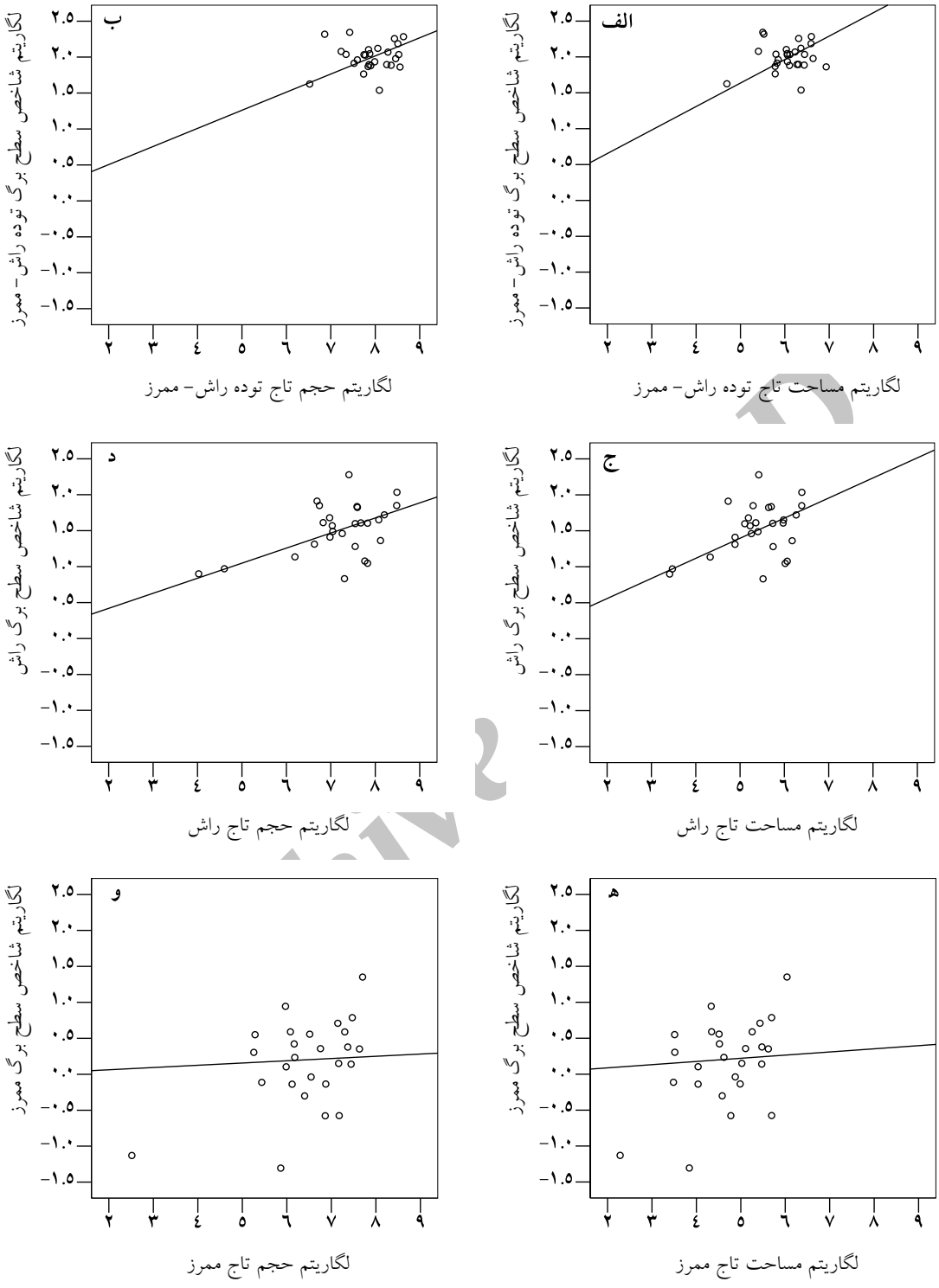
مدل‌سازی با داده‌های ۲۶ قطعه نمونه یک‌دهم هکتاری انجام شد.

ارتباط مشخصه‌های لاشریزی و شاخص سطح برگ با مشخصه‌های آلومتریک سایر گونه‌ها نیز مدل‌سازی شد. به سبب پراکندگی توزیع داده‌ها و کاهش تعداد قطعه نمونه دارای گونه مورد نظر (برای مثال گونه‌های نمدار و ملج در ۲ قطعه نمونه حضور داشتند)، ضریب تعیین معادله‌های به‌دست آمده کوچک‌تر و مقدار RMSE% آنها بزرگ‌تر از معادله‌های جداول ۴، ۵ و ۶ بود که نمایانگر افزایش خطای برآورد است. به‌همین‌دلیل از ارائه نتایج مدل‌سازی سایر گونه‌ها صرف‌نظر گردید.

شاخص سطح برگ در تعمیم یافته‌ها از طریق مدل‌سازی و سنجش از دور دارای بیشترین کاربرد است. بنابراین ارتباط بین شاخص سطح برگ و حجم تاج در توده راش- ممرز و گونه‌های راش و ممرز با مدل توانی به عنوان مهم‌ترین یافته بخش مدل‌سازی، در شکل ۱ نشان داده شد. مقایسه پراکنش نقاط حول خط رگرسیون در نمودارهای شکل ۱ نشان می‌دهد که در مدل برآورد شاخص سطح برگ توده با استفاده از مساحت و حجم تاج توده، به سبب نزدیک‌تر بودن نقاط با خط رگرسیون، برآورد شاخص سطح برگ با کمترین خطا صورت می‌گیرد (شکل‌های ۱- الف و ۱- ب). در مدل‌های برآورد شاخص سطح برگ گونه‌های راش (شکل‌های ۱- ج و ۱- د) و ممرز (شکل‌های ۱- ه و ۱- و) که به ترتیب برمبنای مساحت و حجم تاج گونه‌های راش و ممرز تشکیل شده است، فاصله نقاط از خط رگرسیون افزایش می‌یابد. در نتیجه خطای برآورد شاخص سطح برگ بیشتر می‌شود. بررسی خطای برآورد شاخص سطح برگ در مدل‌های شکل ۱ نشان می‌دهد که برآورد شاخص سطح برگ توده از بیشترین دقت برخوردار است و با تجزیه داده‌های توده به گونه‌های موجود در آن، دقت برآورد شاخص سطح برگ کاهش یافته است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- ارتباط بین شاخص سطح برگ (دستگاه سطح‌برگ‌سنج) با مساحت و حجم تاج در یک توده راش- ممرز (ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی)

بحث

وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ یک توده راش- ممرز واقع در ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی با استفاده از جمع‌آوری‌کننده لاشریزه (روش مستقیم) به مدت یکسال

www.SID.ir

اندازه‌گیری شد. وزن کل لاشریزه ۵/۴۷۲ تن در هکتار در سال بود. این مشخصه با ۸/۶ درصد خطا برآورد شد که نشان دهنده مناسب بودن دقت برآورد (خطا کمتر از ۱۰ درصد) می‌باشد. وزن لاشبرگ ۳/۷۰۷ تن در هکتار در سال برآورد شد. وجود ۷/۷ درصد خطا در برآورد وزن لاشبرگ نمایانگر مناسب بودن دقت برآورد آن است. وزن لاشبرگ جنگل راش (*Fagus crenata* Blume) در ژاپن بین ۳/۸ تا ۴/۱ تن در هکتار در سال (Ogino *et al.*, 1977; Maruyama, 1977) به‌دست آمد. این مقدار در راش اروپایی (*Fagus sylvatica* L.) ۳/۷ تن در هکتار در سال (Ellenberg, 1978) بود. وزن سایر مواد آلی (بجز لاشبرگ) که از تاج‌پوشش جنگل به کف می‌ریزد ۱/۷۶۵ تن در هکتار در سال به‌دست آمد. خطای برآورد این مشخصه ۱۶/۴ درصد بود که در مقایسه با برآورد وزن لاشریزه و لاشبرگ از دقت کمتری برخوردار است و با عنوان به‌نسبت مناسب (خطا بین ۱۰ تا ۲۰ درصد) در نظر گرفته می‌شود. این بررسی نشان می‌دهد که وزن کل لاشریزه شامل ۶۷/۷ درصد لاشبرگ و ۳۲/۳ درصد سایر مواد آلی (بجز لاشبرگ) است. در مقیاس جهانی، لاشبرگ‌ها حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد از وزن لاشریزه در اکوسیستم‌های جنگلی را تشکیل می‌دهند. باقی‌مانده شامل مواد چوبی (حدود ۳۰ درصد) و سایر اندام‌های گیاهی (حدود ۱ تا ۲۰ درصد) می‌باشند (Barnes *et al.*, 1997).

درختان راش، توسکا ییلاقی، خرمندی، انجیلی، شیردار و ملج دارای سطح برگ ویژه بیشتر از ۲۰۰ سانتی‌متر مربع بر گرم می‌باشند. شاخص سطح برگ ویژه در درختان پلت و نمدار کمتر از ۱۵۰ سانتی‌متر مربع بر گرم است. به عبارت دیگر درختان گروه اول برای تولید یک سانتی‌متر مربع برگ، ماده آلی کمتری مصرف می‌کنند و برگ آنها از نظر شدت فتوسنتز فعال‌تر است (Bonan, 2002). براساس نتایج بدست آمده، ۸۵ درصد از درختان توده مورد بررسی را گونه‌های راش و ممرز تشکیل می‌دهند که دارای برگ‌های نسبتا نازک هستند و برای تولید یک سانتی‌متر مربع برگ ماده آلی کمتری مصرف می‌کنند، بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که در این توده، هم ماده‌سازی با کارآیی مطلوب انجام می‌شود و هم اینکه سهم کمتری از انرژی تولید شده در فتوسنتز برای تولید برگ مصرف می‌شود (Bonan, 2002). به‌این‌ترتیب انرژی بیشتری برای تولید در سایر اندام‌ها از جمله رویش قطری و ارتفاعی باقی می‌ماند.

مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری سطح برگ ویژه با دستگاه سطح‌برگ‌سنج و لوله برش نشان می‌دهد که نتیجه استفاده از لوله برش برای تعیین سطح برگ ویژه گونه‌هایی که رگبرگ نازک دارند (راش، ممرز، توسکا ییلاقی، خرمندی، نمدار و انجیلی)، با دستگاه سطح‌برگ‌سنج تفاوت معنی‌دار ندارد. ولی درمورد گونه‌هایی که رگبرگ‌های ضخیم دارند (پلت، ملج و شیردار)، این تفاوت از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار است. براین‌اساس پیشنهاد می‌شود سطح برگ ویژه گونه‌هایی که رگبرگ ضخیم دارند مانند پلت، شیردار و ملج با استفاده از دستگاه سطح‌برگ‌سنج تعیین شود. با دستگاه سطح‌برگ‌سنج، سطح برگ ویژه پس از اندازه‌گیری وزن و مساحت کل برگ‌های نمونه و محاسبه نسبت مساحت برگ به وزن آن تعیین می‌گردد. ولی با لوله برش فقط مساحت مقاطع دایره‌ای حاصل از برگ‌های نمونه اندازه‌گیری می‌شود و از محاسبه نسبت مساحت مقاطع دایره‌ای به وزن آنها سطح برگ ویژه به‌دست می‌آید. ازآنجایی‌که در استفاده از لوله برش، از تمامی سطح برگ مقطع گرفته نمی‌شود، در نتیجه دقت میانگین سطح برگ ویژه حاصل از لوله برش در مقایسه با دستگاه سطح‌برگ‌سنج کمتر است.

میانگین شاخص سطح برگ درختان در توده مورد بررسی با دستگاه سطح‌برگ‌سنج ۷/۵ و با لوله برش ۷/۷ برآورد شد. شاخص سطح برگ در جنگل‌های راش دنیا به‌طور میانگین ۵/۱ (Scurlock *et al.*, 2001b)، در جنگل راش ژاپن (*Fagus crenata* Blume) بین ۶/۸ تا ۷/۹ (Ogino *et al.*, 1977; Maruyama, 1977) و برای راش اروپایی (*Fagus sylvatica* L.) معادل ۶ (Ellenberg, 1978) گزارش شد. شاخص سطح برگ راشستان‌های آمیخته منطقه خیرود که در ارتفاع ۷۸۰ و ۸۹۰ متر از سطح

Archive of SID

www.SID.ir

دریا قرار دارند، به‌وسیله عکس‌برداری از تاج‌پوشش به صورت نیم‌کروی (تکنیک غیرمستقیم اپتیکی) به ترتیب ۷/۱ و ۸/۱ برآورد شد (Sagheb-Talebi *et al.*, 2012). با توجه به اینکه در پژوهش‌های مختلف، برآورد شاخص سطح برگ با روش‌ها و فرض‌های متفاوتی صورت گرفته است، مقایسه نتایج با محدودیت مواجه است (Scurlock *et al.*, 2001b). شاخص سطح برگ در یک جنگل خزان‌کننده با استفاده از جمع‌آوری‌کننده لاشریزه با دقت ۹۵ درصد و اریبی ۱۰ درصد نسبت به میانگین برآورد شد (Morrison, 1991). در این تحقیق، وجود حداکثر ۸ درصد خطا در برآورد میانگین شاخص سطح برگ درختان توده نمایان‌گر مناسب بودن دقت برآورد آن است. استفاده از بیست و هفت جمع‌آوری‌کننده لاشریزه با توزیع مکانی تصادفی و توزیع زمانی در طول یکسال، در کاهش خطای نمونه‌برداری تاثیر قابل توجهی کاهش داشته است (Neumann *et al.*, 1989).

می‌توان از یافته‌های این تحقیق در توده‌های راش- ممرز مشابه واقع در ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی استفاده کرد. دامنه تغییرات شاخص سطح برگ در بیست و هفت قطعه نمونه مورد بررسی برای دستگاه سطح‌برگ‌سنج بین ۳/۶ تا ۸/۸ و برای لوله برش بین ۴/۷ تا ۱۰/۸ بود. تجزیه و تحلیل داده‌های جهانی شاخص سطح برگ نشان می‌دهد که مقادیر بزرگ‌تر از ۱۲ به‌ندرت یافت می‌شود (Scurlock *et al.*, 2001a) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

از آنجایی که سرعت رویش به شاخص سطح برگ بستگی دارد (Schulze, 1982)، می‌توان گفت که سرعت رویش جنگل‌های راش- ممرز ارتفاع میان‌بند منطقه هیرکانی با شاخص برگ ۷/۵ با سایر جنگل‌های راش دنیا شباهت دارد.

روش اندازه‌گیری مستقیم شاخص سطح برگ (جمع‌آوری‌کننده لاشریزه و قطع درخت) از دقت بالایی برخوردار است ولی به شدت وقت‌گیر و پرزحمت می‌باشد و به همین دلیل برای پایش تغییرات زمانی و مکانی شاخص سطح برگ مناسب نیست. از طرف دیگر تعمیم نتایج حاصل در مقیاس‌های وسیع با محدویت‌های فراوان مواجه است. البته باید توجه داشت که این روش برای کالیبراسیون روش غیرمستقیم اهمیت فراوان دارد. در ادامه اندازه‌گیری‌های انجام شده با روش مستقیم، استفاده از روش غیرمستقیم (آلومتریک، عکسبرداری از زیر تاج‌پوشش و تصاویر ماهواره‌ای) به‌منظور تعمیم نتایج در مقیاس وسیع ضروری است (Jonckheere *et al.*, 2004).

در جنگل، با رشد درختان و توسعه رقابت نوری، بیشترین رویش اندام‌های هوایی به سمت تاج هدایت می‌شود و پس از آن به سمت تنه اصلی که برای نگهداری تاج ضروری است. به‌نظر می‌رسد استفاده از مساحت و حجم تاج به عنوان برآورد کننده مشخصه‌های لاشریزی و شاخص سطح برگ به دلیل توجه به تاج به‌عنوان مهمترین اندام رویشی که حامل برگ می‌باشد، موجب به‌دست آوردن مدل‌های دقیق‌تر شده است (Tobin *et al.*, 2006).

مقایسه ضریب تعیین و خطای مدل‌های بدست آمده نشان می‌دهد که مساحت و حجم تاج بهترین مشخصه آلومتریک برای برآورد وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ می‌باشند. البته با توجه به اینکه برگ‌ها در روی تاج می‌رویند و بزرگ شدن تاج با افزایش تعداد برگ‌ها ارتباط دارد، می‌توان این نتیجه را توجیه کرد. به‌طورکلی مشخصه‌های آلومتریک مرتبط با تاج مناسب‌ترند. البته باید توجه داشت مدل‌هایی که وزن لاشریزه و شاخص سطح برگ را با استفاده از حجم تاج برآورد می‌نمایند در مقایسه با مساحت تاج از ضریب تعیین بزرگ‌تر و خطای کوچک‌تر برخوردار هستند. می‌توان برای محاسبه حجم تاج از ضریب شکل استفاده کرد و با این وسیله دقت مدل‌سازی و برآورد را افزایش داد. براساس مقایسه ضرایب تعیین و مقادیر %RMSE در جدول‌های ۴، ۵ و ۶ و پراکنش نقاط در نمودارهای شکل ۱ می‌توان دقت برآورد شاخص سطح برگ را مقایسه کرد. برآورد شاخص سطح برگ در توده راش- ممرز از بیشترین دقت (r^2=۰/۹۹ و ۲۳≤%RMSE≤۲۱) برخوردار است (جدول ۴ و شکل‌های ۱- الف و ۱- ب). دقت برآورد شاخص سطح برگ گونه راش (۰/۹۶≤r^2≤۰/۹۸ و ۳۴≤%RMSE≤۳۲) از دقت توده

Archive of SID

www.SID.ir

راش- ممرز کمتر است (جدول ۵ و شکل‌های ۱- ج و ۱- د). ولی برآورد شاخص سطح برگ گونه ممرز، دقت بسیار پائینی (۰/۱۳≤r^2≤۰/۱۱ و ۵۵≤%RMSE≤۵۴) دارد (جدول ۶ و شکل‌های ۱- هـ و ۱- و). به‌نظر می‌رسد یکسان نبودن آمیختگی و فراوانی گونه‌ها در قطعه‌های نمونه که ویژگی توده‌های آمیخته می‌باشد موجب افزایش واریانس فراوانی گونه‌ها و در نتیجه افزایش خطا در برآورد شده است. ولی در سطح توده به سبب کمتر بودن واریانس، نقاط حول خط رگرسیون کمترین پراکندگی (پراکنش) را دارند که موجب افزایش دقت برآورد شده است. بررسی تغییرات مشخصه‌های لاشریزی و شاخص سطح برگ نشان داد که در توده‌های جنگلی سطح تغییرپذیری طبیعی این مشخصه‌ها بسیار بالا است که موجب کاهش دقت برآورد می‌شود (Chen *et al.*, 1997).

با توجه به اینکه مساحت و قطر تاج با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای نیز قابل اندازه‌گیری است، مدل‌هایی که براساس مساحت و حجم تاج تشکیل شده‌اند می‌توانند در تلفیق با روش‌های سنجش از دور در تعمیم نتایج این تحقیق به توده‌های مشابه کاربرد داشته باشند (Jonckheere *et al.*, 2004).

استفاده از جمع‌آوری‌کننده لاشریزه در مقایسه با روش‌های غیرمستقیم مستلزم صرف هزینه و نیروی انسانی قابل توجه می‌باشد. براین‌اساس، انتظار می‌رود در آینده استفاده از روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم در مطالعات مشخصه‌های لاشریزی و شاخص سطح برگ افزایش یابد. از آنجایی که اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در توده‌های جنگلی کاری پرزحمت است و تکرار آن نیز با دشواری‌های فراوان همراه می‌باشد، لازم است در مطالعات آینده، شاخص سطح برگ با استفاده از وسایل نورسنجی اندازه‌گیری شود و سپس به‌وسیله روش‌های سنجش از دور به عرصه‌های وسیع تعمیم داده شود (Scurlock *et al.*, 2001a). باید توجه شود که شاخص سطح برگ علاوه بر اینکه یک معیار اکوفیزیولوژیک از سطوح فتوسنتزکننده و تعرق‌کننده در تاج‌پوشش است، به عنوان یک معیار سنجش از دور برای سطوح انعکاس‌دهنده نور در تاج‌پوشش نیز محسوب می‌گردد. البته باید توجه داشت که روش‌های غیرمستقیم در جنگل‌های پهن‌برگ که دارای تاج‌پوشش پیوسته هستند در مقایسه با جنگل‌های سوزنی‌برگ، جنگل‌های دارای شاخ و برگ کپه‌ای و جنگل‌های دارای تاج‌پوشش ناپیوسته نتیجه دقیق‌تری بدست می‌دهد (Chen *et al.*, 1997). در این شرایط می‌توان از روش‌های مستقیم، مانند جمع‌آوری‌کننده لاشریزه برای تصحیح خطای روش‌های غیرمستقیم استفاده کرد.

References

- Adl, H.R. 1994. Estimation of leaf biomass and leaf area index of two major species in Yasuj forests. MSc Dissertation, Department of Forestry and Forest Economics, Tehran University, Karadj, 79p (In Persian).
- Adl, H.R. 2007. Estimation of leaf biomass and leaf area index of two major species in Yasuj forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(4): 417–426 (In Persian).
- Anonymous, 1995. Forestry plan of Neka-Zalemroud (Fifth District). Forests and Range Organization, Mazandaran Natural Resources Administration Office, 250p (In Persian).
- Anonymous, 1997. A synthesis report of studies on the water resources of the river basins of Mazandaran province: Vol. 3, Analysis of data and water bills, Meteorology section. Research Center of Water Resources, Ministry of Energy, 285p (In Persian).
- Asner, G.P., Scurlock, J.M.O. and Hicke, J.A. 2003. Global synthesis of leaf area index observations: Implications for ecological and remote sensing studies. Global Ecology and Biogeography, 12(3): 191–205.
- Barclay, H.J. 1998. Conversion of total leaf area to projected leaf area in lodgepole pine and Douglas-fir. Tree Physiology, 18(3): 185–193.
- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R. and Spurr, S.H. 1997. Forest ecology, 4th Edition. John Wiley and Sons, 774p.
- Bonan, G.B. 2002. Ecological climatology: Concepts and applications. Cambridge University Press, New York, 678p.
- Bussotti, F., Grossoni, P. and Bottacci, A. 1997. Sclerophylly in beech *Fagus sylvatica* L. trees

Archive of SID

www.SID.ir

the upper and lower parts of beech forest zone: 186–201. In: Shidei, T. and Kira, T., (Eds.). Primary productivity of Japanese forests, JIBP Synthesis, Vol 16. University Press, Tokyo, 289p.
- McPherson, E.G. and Rowntree, R.A. 1988. Geometric solids for simulation of tree crowns. Landscape and Urban Planning, 15: 79-83.
- McShane, M.C., Carlile, D.W. and Hinds, W.T. 1983. The effect of collector size on forest litter fall collection and analysis. Canadian Journal of Forest Research, 13(6): 1037–1042.
- McWilliam, A.L.C., Roberts, J.M., Cabral, O.M.R., Leitao, M.V.B.R., Decosta, A.C.L., Maitelli, G.T. and Zamparoni, C.A.G.P. 1993. Leaf area index and above-ground biomass of terra-firme rain forest and adjacent clearings in Amazonia. Functional Ecology, 7(3): 310–17.
- Miller, P.R. and Winer, A.M. 1984. Composition and dominance in Los Angeles Basin urban vegetation. Urban Ecology, 8(1–2): 29–54.
- Mirakhorlou, Kh. and Akhavan, R. 2008. Investigation on boundary changes of northern forests of Iran using remotely sensed data. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(1): 139–148 (In Persian).
- Morrison, I.K. 1991. Effect of trap dimensions on litter fall collected in an *Acer saccharum* stand in northern Ontario. Canadian Journal of Forest Research, 21(6): 939–941.
- Naghash Zargaran, M. 2001. Foliage biomass, leaf area index and their relationships to some characteristics of forest stand and soil in permanent plot located in mid-elevation of Caspian forests. MSc, Dissertation, Department of Silviculture and Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, 67p (In Persian).
- Neumann, H.H., Den Hartog, G.D. and Shaw, R.H. 1989. Leaf-area measurements based on hemispheric photographs and leaf-litter collection in a deciduous forest during autumn leaf-fall. Agricultural and Forest Meteorology, 45(3–4): 325–345.
- Ogino, K. 1977. A beech forest at Ashiu - biomass, its increment and net production: 172–186. In: Shidei, T. and Kira, T., (Eds.). Primary productivity of Japanese forests, JIBP Synthesis, Vol 16. University Press, Tokyo, 289p.
- Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance its relationship with crown transparency, nutritional status and summer drought. Forestry, 70(3): 267–271.
- Chen, J.M., Rich, P.M., Gower, S.T., Norman, J.M. and Plummer, S. 1997. Leaf area index of boreal forests: Theory, techniques, and measurements. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 102(D24): 29429–29443.
- Cutini, A., Matteucci, G. and Mugnozza, G.S. 1998. Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI-2000 in deciduous forests. Forest Ecology and Management, 105(1–3): 55–65.
- Ellenberg, H. 1978. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer sicht, 2nd edition. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany, 982p (In Germany).
- Fassnacht, K.S., Gower, S.T., Norman, J.M. and McMurtrie, R.E. 1994. A comparison of optical and direct methods for estimating foliage surface area index in forests. Agricultural and Forest Meteorology, 71(1–2): 183–207.
- Gower, T., Kucharik, C.J. and Norman, J.M. 1999. Direct and indirect estimation of leaf area index, f_{APAR}, and net primary production of terrestrial ecosystems. Remote Sensing of Environment, 70(1): 29–51.
- Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muysa, B., Coppin, P., Weiss, M. and Baret, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. Agricultural and Forest Meteorology, 121(1–2): 19–35.
- Karlik, J. and Winer, A.M. 1999. Comparison of calculated and measured leaf masses of urban trees. Ecological Applications, 9(4): 1168–1176.
- Karlik, J. and Winer, A.M. 2001. Measured isoprene emission rates of plants in California landscapes: Comparison to estimates from taxonomic relationships. Atmospheric Environment, 35(6): 1123–1131.
- Karlik, J.F. and McKay, A.H. 2002. Leaf area index, leaf mass density, and allometric relationships derived from harvest of blue oaks in a California oak savanna. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW–GTR–184, 719–729.
- Maruyama, K. 1977. Beech forests in the Naeba Mountains: Part I. Comparison of forest structure, biomass and net productivity between

Archive of SID

www.SID.ir

Ziegler, H., (Eds.). Physiological plant ecology II: Water relations and carbon assimilation. Springer-Verlag, Berlin, 747p.
- Scurlock, J.M.O., Asner, G.P. and Gower, S.T. 2001a. Worldwide historical estimates of leaf area index, 1932–2000. ORNL Technical Memorandum ORNL/TM-2001/268, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA, p23.
- Scurlock, J.M.O., Asner, G.P. and Gower, S.T. 2001b. Global leaf area index data from field measurements, 1932–2000: Data set. Available from: http://www.daac.ornl.gov. Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, USA.
- Tobin, B., Black, K., Osborne, B., Reidy, B., Bolger, T. and Nieuwenhuis, M. 2006. Assessment of allometric algorithms for estimating leaf biomass, leaf area index and litter fall in different-aged Sitka spruce forests. Forestry, 79(4): 453–465.
- Turner, D.P., Acker, S.A., Means, J.E. and Garmen, S.L. 2000. Assessing alternative allometric algorithms for estimating leaf area of Douglas-fir trees and stands. Forest Ecology and Management, 126(1): 61–76.

of producers and decomposers in ecological systems. Ecology, 44(2): 322–330.
- Parton, W.J., McKeown, R., Kirshner, V. and Ojima, D. 1992. Century users' manual. Natural Resource Ecology Laboratory, Colorado State University, NREL publication, Colorado, USA, 100p.
- Pedersen, L.B. and Bille-Hansen, J. 1999. A comparison of litterfall and element fluxes in even aged Norway spruce, Sitka spruce and beech stands in Denmark. Forest Ecology and Management, 114(1): 55–70.
- Potter, C., Bubier, J., Crill, P. and Lafleur, P. 2001. Ecosystem modeling of methane and carbon dioxide fluxes for boreal forest sites. Canadian Journal of Forest Research, 31(2): 208–223.
- Sagheb-Talebi, Kh., Jashni, J., Mohammadnejad Kiasari, Sh., Mohammadi Nasrabadi, H. and Paydar, M. 2012. Light regime in natural and planted stands of the Caspian Forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(1): 165–181 (In Persian).
- Schulze, E.D. 1982. Plant life forms and their carbon, water, and nutrient relations: 615–676. In: Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B. and

Archive of SID

www.SID.ir

Measurement and modelling litter biomass and leaf area index using allometry in a Beech-Hornbeam stand in the mid-elevation of the Hyrcanian region, Iran

R. Rahmani[1*], S. Ghorbani[2] and M. Naghash Zargaran[2]

1*- Corresponding author, Associate Professor, Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran. E-mail: rahmani@gau.ac.ir

2- M.Sc. of forestry, Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran.

Received: 05.18.2014 Accepted: 09.10.2014

Abstract

Litter biomass and leaf area index (LAI) are two important attributes which play crucial roles on the biological processes which impact forest productivity, including photosynthesis, water and nutrient cycles. Litter biomass of a Beech-Hornbeam stand located at the mid-elevation of the Hyrcanian region (Forest management plan of Neka-Zalemroud, district five) was measured using 27 litter traps in a one-year period. In addition, LAI was determined by means of gravimetric method, applying a leaf area meter as well as a metal pipe cutter. A regression model was parameterized to predict the values of litter biomass and LAI using a set of allometric parameters including density, basal surface area, trunk volume, and crown area / volume. Total litter biomass and leaf biomass were determined to be 5.472 and 3.707 ton per hectare per year, respectively. Mean LAI was measured to be 7.5, and 7.7 using leaf area meter, and metal pipe cutter, respectively. The analysis shows that area and volume of crown presents a greater coefficient of determination and smaller root mean squared error than other allometric parameters, indicating the best predictors regarding litter biomass and LAI. Stand-specific models of Beech-Hornbeam were detected more robust than species-specific models of Beech and Hornbeam. Furthermore, species-specific models of Hornbeam were significantly less robust than those specified for Beech.

Keywords: Allometric parameters, crown cover, gravimetric method, specific leaf area, leaf litter, dry weight.

Archive of SID

www.SID.ir