

اندازه‌گیری و برآورد شاخص سطح برگ، زی توده و سطح ویژه درختان چنل (*Rhizophora mucronata* Lam.) در جنگل‌های مانگرو سیریک

مریم مصلحی^{۱*}، مریم یعقوب‌زاده^۲، اصغر بیژنی^۲، اکرم احمدی^۴

^۱ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.

^۲ دانشجوی دکتری آمایش و محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۳ کارشناسی ارشد مدیریت و برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس

^۴ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶)

چکیده

هدف این تحقیق، اندازه‌گیری و تعیین معادله آلومتریک زی توده برگ، سطح ویژه برگ و شاخص سطح برگ گونه‌های چنل در شهرستان سیریک استان هرمزگان است. در این تحقیق افزون بر تعیین واقعی زی توده برگ، سطح ویژه و شاخص سطح برگ درختان چنل، با استفاده از اندازه‌گیری خصوصیات رویشی درخت و یافتن روابط همبستگی بین مؤلفه‌های مختلف، معادلات آلومتری آنها نیز محاسبه شد. تعیین شاخص سطح برگ به روش مستقیم با چیدن ۸۸ برگ از ۲۲ درخت انجام گرفت. با استفاده از وزن برگ‌ها، سطح متوسط برگ‌ها، سطح تاج درخت و زی توده خشک برگ (با جمع‌آوری یک‌هشتم تاج درخت و تعیین وزن تر و خشک آنها)، شاخص سطح برگ محاسبه شد. همبستگی و تعیین مدل با استفاده از رگرسیون گام به گام در سطح احتمال ۹۹ درصد مشخص شد. براساس نتایج، میانگین زی توده خشک، سطح ویژه و شاخص سطح برگ ۳/۳۳ کیلوگرم در هر درخت، ۳۹/۷۴ سانتی‌متر مربع بر گرم در هر درخت و ۷/۰۶ بود. شاخص سطح برگ، با دو عامل سطح برگ و ارتفاع درخت، با ضریب همبستگی ۰/۸۲، ۶۵ درصد از واریانس تغییرات متغیر وابسته را پیش‌بینی کرد. در تعیین سطح ویژه برگ نیز تنها عامل سطح برگ به‌عنوان اثرگذارترین عامل در معادله وارد شد و ۵۶ درصد تغییرات را پیش‌بینی کرد. نتایج تحقیق نشان داد که سه عامل سطح تاج، سطح برگ و ارتفاع درخت ممکن است اهمیت اساسی در تعیین سه شاخص اکولوژیک زی توده برگ، شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ درختان چنل و همچنین ارزیابی تغییرات و سلامت توده‌های مانگرو داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آلومتریک، جنگل‌های ماندابی، سطح برگ، وزن خشک برگ.

مقدمه

تأثیر مهمی در تغییر شرایط رویشگاهی آن دارد

(Bijani et al., 2020). مانگرو یکی از این پوشش‌های

مهم و اثرگذار اکوسیستم ماندابی است. مانگروها

اکوسیستم‌های حساس و شکننده نواحی

گرمسیری، مناطق حساسی هستند که پوشش گیاهی

آب (Watson, 1947) و تولید (Sytnyk et al., 2017) را کنترل می‌کند و در مدل‌سازی فرایندهای اکوسیستم جنگل مانند فتوسنتز، تنفس و تبخیر و تعرق کاربرد دارد (Chaturvedi et al., 2017). بنابراین با استفاده از شاخص سطح برگ، زی‌توده برگ و سطح ویژه برگ، می‌توان از تغییرات در اکوسیستم جنگل مطلع شد و به ارزیابی تولیدات و کیفیت توده دست یافت (Arias, 2007).

تعدادی از محققان مدل‌های آلومتریک را برای تخمین بخش روزمینی مانگرو معرفی کرده‌اند. از آن میان می‌توان به مدل‌های ارائه‌شده برای جنگل‌های مانگروی فلوریدای جنوبی (Coronado-molina et al., 2004)، استرالیا (Comley et al., 2005) و هندوستان (Prasanna et al., 2017)، اشاره کرد که در آنها از روابط قطر تاج، قطر برابرسینه یا ارتفاع درخت استفاده شد.

Clough et al. (1997) مقدار شاخص سطح برگ گونه *Rhizophora apiculata* Blume در جنگل‌های مانگروی اندونزی را در محدوده ۲/۲ تا ۷/۴ گزارش کردند. میانگین شاخص سطح برگ در این جنگل‌ها ۴/۹ گزارش شد. Clough et al. (2000) در بررسی شاخص سطح برگ تاج جنگل‌های مانگروی ویتنام، گزارش کردند که مقدار شاخص سطح برگ توده با سن کاهش می‌یابد. این مقدار از ۴/۹ در توده‌های جوان تا ۳/۳ در توده‌های مسن متغیر بود. در تحقیقات انجام‌گرفته در جنگل‌های مانگروی هرمزگان، به‌علت شرایط خاص درختان مانگرو، در اندازه‌گیری‌ها از قطر یقه به‌جای قطر برابرسینه و در تعیین زی‌توده روزمینی از سطح تاج به‌عنوان عامل اساسی استفاده شد (Parvareh et al., 2012). Tran (2014) در بررسی شاخص و سطح ویژه برگ درختان مانگروی نیوزیلند در رویشگاه‌های مختلف، کمترین و بیشترین میانگین شاخص سطح برگ را ۱/۶ و ۴/۶ و سطح ویژه برگ را ۴۶/۹ و ۵۳/۸۱ کیلوگرم در متر مربع گزارش کرد. (Ghasemi et al., 2016)

درختان همیشه‌سبز و مقاوم به شوری واقع در پهنه‌های جزر و مدی نواحی حاره و زیرحاره هستند که با شوری زیاد، باد، محیط غیرهوازی خاک و جزر و مدهای با ارتفاعات زیاد سازگاری یافته‌اند (Sandiliyan et al., 2010). جنگل‌های مانگروی ایران متشکل از دو گونه حرا و چنل با مساحت ۲۵۷۶۰ هکتار (Ghasemi et al., 2016) در جنوب غربی آسیا قرار دارد (Danehkar, 2005) و یکی از غربی‌ترین گسترش‌گاه‌های این اجتماعات ساحلی در آسیا را تشکیل می‌دهد که اغلب از درختان حرا تشکیل شده است. در بندر سیریک، افزون بر درختان حرا، درختان چنل نیز رویش دارند (Petrosian et al., 2014).

زی‌توده برگ، شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ مانند شاخص‌های اکولوژیکی هستند که برای شناخت وضعیت اکوسیستم‌ها و پایش و ارزیابی تغییرات ایجادشده در طول زمان بسیار مهم‌اند (Adl, 2007). زی‌توده یک درخت عبارت است از تنه، شاخه، گل، میوه، برگ و ریشه. زی‌توده برگ به‌علت انجام عمل فتوسنتز و تولید ماده آلی و برگشت سالیانه عناصر غذایی در جریان چرخه بیولوژیک مواد بین بخش زنده و غیرزنده بوم‌سازگان از اهمیت بیشتری برخوردار است. شاخص سطح برگ (LAI) مجموع مساحت یک طرف برگ گیاهان در واحد سطح زمین است که بدون واحد و به‌صورت عدد نمایش داده می‌شود (Adl, 2007). سطح ویژه برگ نیز نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ برحسب سانتی‌متر مربع بر گرم است که به‌صورت متغیری اساسی به درک عملکرد بوم‌سازگان‌های جنگلی کمک می‌کند (Pierce et al., 1994).

مبادله انرژی و مواد از طریق تاج درختان صورت می‌گیرد و به شاخص سطح برگ بستگی دارد (Moser et al., 2007). شاخص سطح برگ یکی از ویژگی‌های برجسته تاج درختان است که در اکوسیستم جنگل، انرژی خورشیدی، جریان کربن،

در این تحقیق زی توده خشک برگ، سطح ویژه برگ و شاخص سطح برگ درختان چنل برای اولین بار اندازه‌گیری و با استفاده از روابط آماری خصوصیات اندازه‌گیری‌شده، معادلات آلومتریک به منظور تخمین شاخص‌های اکولوژیک تحت بررسی ارائه شد.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

سیریک در ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی میناب در ساحل دریای عمان، با متوسط درجه حرارت و بارش سالانه ۲۸/۱ درجه سانتی‌گراد و ۲۲۶/۹۶ میلی‌متر (براساس اطلاعات آماری ایستگاه سینوپتیک میناب در یک دوره ۲۰ ساله)، واقع شده است. جنگل مانگرو خورآذینی شهرستان سیریک با مساحت ۸۳۰ هکتار متشکل از حرا و چنل در محدوده ۲۶ درجه و ۲۶ دقیقه و ۲۶ ثانیه تا ۲۶ درجه و ۱۸ دقیقه و ۰۲ ثانیه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۰۳ دقیقه و ۲۶ ثانیه تا ۵۷ درجه و ۰۶ دقیقه و ۳۱ ثانیه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱).

شیوه اجرای پژوهش

پس از بازدید اولیه از جنگل‌های مانگرو سیریک و با توجه به دوری و نزدیکی جنگل به ساحل (فاصله جزر و مدی)، منطقه مناسب به منظور اجرای تحقیق تعیین شد. هزینه‌های زیاد حضور در جنگل مانند نیاز به قایق، همراه بودن فرد محلی برای نمونه‌برداری، حمل‌ونقل تجهیزات آماربرداری و نمونه‌برداری، استفاده نکردن از متر لیزری به علت نور شدید آفتاب، ماندابی بودن رویشگاه و تردد دشوار در عرصه از مشکلات آماربرداری در منطقه پژوهش است. نمونه‌برداری درختان در تحقیق با استفاده از روش خط نمونه انجام گرفت (Abohassan, 2013). برای اجرای تحقیق، یک توده یک هکتاری در عرصه مشخص شده و سه خط نمونه به طول ۱۰۰ متر، با فاصله ۳۰ متر از یکدیگر در عرصه پیاده شد. سپس همه درختان چنل با قطر یقه

طریق روابط بین ویژگی‌های درختان حرا در بوشهر، معادلات آلومتریک را برای تعیین زی توده آنها ارائه دادند. در این تحقیق، قطر تاج بیشترین همبستگی ($R > 0.90$) را با زی توده خشک درختان نشان داد. Kamal et al. (2016) مقادیر شاخص سطح برگ در جنگل‌های همگن مانگروی اندونزی را ۰/۸۳ تا ۵/۳۳ و در جنگل ناهمگن استرالیا ۰/۲۶ تا ۳/۲۳ گزارش کردند. در لامپونگ اندونزی، مقادیر شاخص سطح برگ جنگل‌های مانگرو با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بین ۰/۳۷ تا ۱/۳۹ گزارش شد (Juniansah et al., 2018). جنگل‌های مانگرو به عنوان یکی از بزرگ‌ترین اکوسیستم‌های تولیدی با وجود انواع خدمات حفاظتی، محیطی و زیستگاهی در جهان (زیستگاه انواع جانوران، غنای آب‌های ساحلی، کاهش انرژی امواج، حمایت شبکه غذایی و ترسیب کربن) (Dahdouh- Guebas et al., 2000) بنا به دلایل انسانی و طبیعی با نرخ افزایشی در حال کاهش بوده و در معرض خطر جدی قرار گرفته است (FAO, 2008). تأثیر روند تخریب اکوسیستم‌های طبیعی بر زندگی انسان و تنوع زیستی سبب شده است که بسیاری از کشورها برای دستیابی به توسعه پایدار در پی برنامه‌های مختلف حفاظتی اکوسیستم با استفاده از روش‌های نوین مدیریتی باشند. یکی از این روش‌ها، استفاده از شاخص‌های اکولوژیکی از طریق روابط آماری بین ویژگی‌های ساختاری گیاه و ارائه مدل‌های آلومتریک است (Ghasemi et al., 2016).

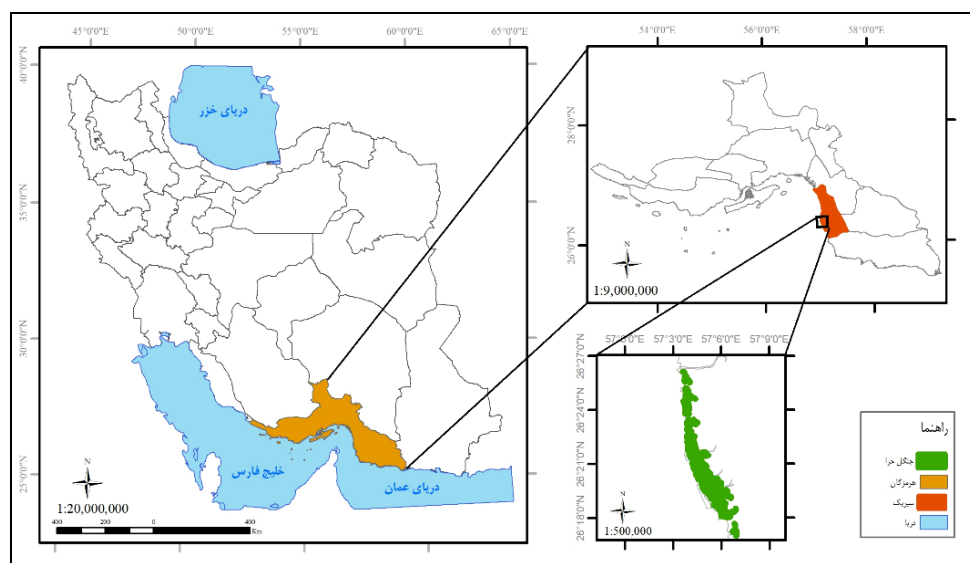
شایان ذکر است که مانگروهای ایران نسبت به درختان مانگروی دیگر نقاط جهان به علت کوتاه‌تر بودن (Ghasemi et al., 2016) و ساختار ویژه، دارای زی توده، شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ متفاوتی هستند. با توجه به تفاوت درختان ایران با دیگر مانگروها، نبود اطلاعات در زمینه زی توده برگ، شاخص و سطح ویژه برگ درختان چنل، کمبود اطلاعات پایه به منظور ارزیابی تغییرات این جنگل‌ها و همچنین سختی کار به علت شرایط رویشگاهی خاص،

$$CC = \frac{\pi}{4} \times \overline{CD}^2$$

رابطه ۱

CC سطح مقطع تاج و $\overline{CD}$ نماد قطر متوسط تاج است (از تقسیم میانگین قطر کوچک و بزرگ تاج درخت بر عدد ۲ محاسبه می‌شود).

بیشتر از ۷ سانتی‌متر که تاج آنها خط نمونه را قطع کرده بود، انتخاب و اندازه‌گیری شدند. ارتفاع درخت با استفاده از ژالون تاشو (متر)، قطر یقه با استفاده از ژالون قطرسنج به سانتی‌متر، طول تاج با استفاده از ژالون مدرج برحسب متر، قطر کوچک و بزرگ تاج با استفاده از متر و سطح تاج درختان برحسب متر مربع با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.



شکل ۱- موقعیت محدوده پژوهش

برای تعیین زی‌توده برگ از روش مستقیم اندازه‌گیری و توزین استفاده شد. برای این منظور تاج ۲۲ درخت نمونه به هشت قسمت تقسیم و همه برگ‌های یک قطاع آن در همه درختان به‌صورت منظم چیده شد (Adl, 2007; Pourhashemi et al. 2012). وزن برگ‌های جمع‌آوری شده از هر درخت بلافاصله با استفاده از ترازوی رقومی تعیین شد و سپس نمونه‌ها به آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد انتقال یافت و وزن آن با دقت هزارم گرم تعیین شد (Bussotti et al., 1997). اعداد به‌دست‌آمده از هر درخت در ۸ ضرب شده و بدین ترتیب زی‌توده خشک کل برگ محاسبه شد. به‌منظور تعیین شاخص سطح برگ، چهار برگ از چهار تاج هر درخت (در مجموع ۸۸ برگ) چیده شد

برای تعیین زی‌توده برگ از روش مستقیم اندازه‌گیری و توزین استفاده شد. برای این منظور تاج ۲۲ درخت نمونه به هشت قسمت تقسیم و همه برگ‌های یک قطاع آن در همه درختان به‌صورت منظم چیده شد (Adl, 2007; Pourhashemi et al. 2012). وزن برگ‌های جمع‌آوری شده از هر درخت بلافاصله با استفاده از ترازوی رقومی تعیین شد و سپس نمونه‌ها به آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد انتقال یافت و وزن آن با دقت هزارم گرم تعیین شد (Bussotti et al., 1997). اعداد به‌دست‌آمده از هر درخت در ۸ ضرب شده و بدین ترتیب زی‌توده خشک کل برگ محاسبه شد. به‌منظور تعیین شاخص سطح برگ، چهار برگ از چهار تاج هر درخت (در مجموع ۸۸ برگ) چیده شد

روش تحلیل

داده‌های حاصل از تحقیق، پس از ذخیره در نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ با استفاده از نرم‌افزار SPSS24 آنالیز شد. روابط بین متغیرهای اندازه‌گیری شده (قطر

نتایج

مشخصه‌های آلومتری درختان چنندل

ابتدا مشخصه‌های آلومتری درختان چنندل شامل قطر یقه، قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری، سطح تاج، قطر کوچک و بزرگ تاج، طول تاج، سطح برگ، شاخص سطح برگ، سطح ویژه برگ و زی توده خشک برگ به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری و ثبت شد (جدول ۱).

یقه، قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر، قطر کوچک و بزرگ تاج، ارتفاع درخت، طول تاج، سطح برگ، سطح تاج به‌عنوان متغیر مستقل) با زی توده، سطح ویژه و شاخص سطح برگ (متغیرهای وابسته) به‌منظور ارائه مدل با استفاده از رگرسیون چندگانه گام‌به‌گام در سطح احتمال ۹۹ درصد بررسی شد. صحت‌سنجی مدل نیز با استفاده از RMSE انجام گرفت. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد.

جدول ۱- میانگین مشخصه‌های اندازه‌گیری‌شده درختان نمونه

مقدار	مشخصه‌های اندازه‌گیری شده
$8/8 \pm 1/1$	قطر یقه (سانتی‌متر)
$6/5 \pm 0/83$	قطر در ارتفاع ۳۰ (سانتی‌متر)
$1/40 \pm 0/26$	قطر کوچک تاج (متر)
$1/62 \pm 0/24$	قطر بزرگ تاج (متر)
$3/35 \pm 0/34$	ارتفاع درخت (متر)
$2/5 \pm 2/5$	طول تاج (متر)
$31/84 \pm 6/91$	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
$1/84 \pm 0/6$	سطح تاج (متر مربع)
$3/33 \pm 0/92$	میانگین زی توده خشک برگ (کیلوگرم)
$39/75 \pm 11/20$	میانگین سطح ویژه برگ (سانتی‌متر مربع بر گرم)
$7/06 \pm 0/85$	میانگین شاخص سطح برگ

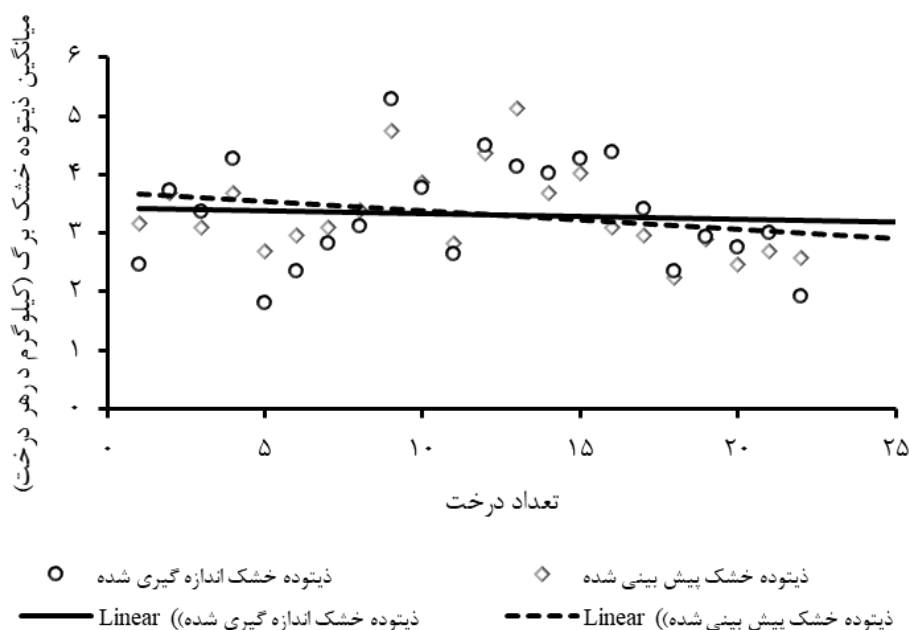
است که میانگین مجذور مربعات خطای تخمین در این رابطه، $0/53$ محاسبه شد (جدول ۲). مقدار میانگین پیش‌بینی‌شده متغیر وابسته براساس مدل پیش‌بین $(3/34)$ است که تنها $0/01$ از میانگین واقعی زی توده خشک برگ بیشتر است (جدول ۲). مقایسه ابر نقاط میانگین زی توده خشک برگ (کیلوگرم در هر درخت) پیش‌بینی‌شده با استفاده از متغیر مستقل (CA) و اندازه‌گیری‌شده نشان‌دهنده دقت مناسب مدل است (شکل ۲).

بررسی روابط متغیر اندازه‌گیری‌شده با زی توده خشک برگ

نتایج رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که از بین قطر یقه (COD)، قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر (DH30)، سطح تاج (CA)، سطح برگ (LA)، ارتفاع درخت (H)، تنها عامل سطح تاج (CA) در تعیین زی توده خشک برگ درختان چنندل نقش دارد. نتایج نشان داد که مساحت تاج با ضریب همبستگی $0/81$ و ضریب تبیین تعدیلی $0/65$ قادر است ۶۴ درصد تغییرات را در این تخمین پوشش دهد. شایان ذکر

جدول ۲- نتایج آزمون رگرسیون چندگانه به شیوه گام به گام برای پیش‌بینی متغیر وابسته زی‌توده خشک برگ در سطح احتمال ۹۹ درصد

پیش‌بینی‌شونده	گام	متغیر پیش‌بین	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیلی	مدل	مجذور میانگین مربعات خطا
زی‌توده خشک برگ (کیلوگرم)	۱	سطح تاج (متر مربع)	۰/۸۱	۰/۶۵	۰/۶۴	$Y = 1/06 + 1/232 CA$	۰/۵۳



شکل ۲- میانگین زی‌توده خشک برگ پیش‌بینی‌شده درختان چنل با استفاده از متغیر مستقل سطح تاج (CA) در مقایسه با میانگین زی‌توده خشک برگ اندازه‌گیری‌شده

مجذور میانگین مربعات خطا از ۰/۵۳ به ۰/۵۰ بهبود یافت. در گام دوم سطح برگ و ارتفاع می‌تواند ۶۵ درصد واریانس تغییرات شاخص سطح برگ را پیش‌بینی کند (جدول ۳).

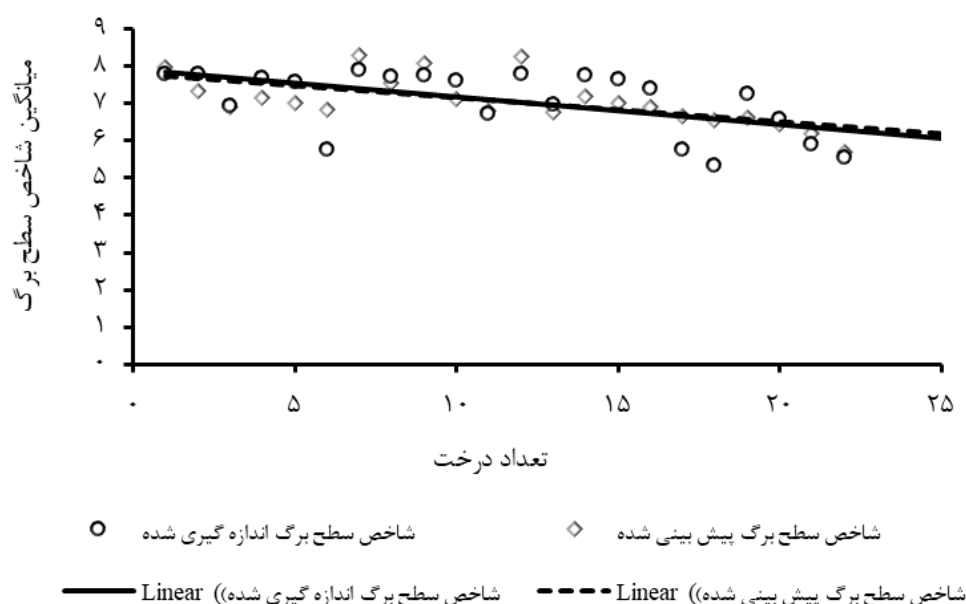
میانگین شاخص سطح برگ پیش‌بینی‌شده در گام دوم ۷/۰۵ بود که با مقدار واقعی تفاوت محسوسی نداشت (جدول ۱). مقایسه ابر نقاط شاخص سطح برگ پیش‌بینی‌شده و واقعی در شکل ۳ نشان داده شده است.

بررسی روابط متغیرهای اندازه‌گیری‌شده با شاخص سطح برگ

نتایج تحلیل رگرسیون نشان داد که از بین متغیرهای قطر یقه، ارتفاع و سطح تاج، ارتفاع درخت و سطح برگ، دو عامل سطح برگ، سطح برگ و ارتفاع در پیش‌بینی شاخص سطح برگ دخالت دارند. قوی‌ترین عامل تعیین شاخص سطح برگ، سطح برگ است که دارای ضریب همبستگی ۰/۷۸ است که می‌تواند ۵۸ درصد واریانس تغییرات شاخص سطح برگ را تعیین کند. در گام دوم با اضافه شدن ارتفاع به معادله، مقدار ضریب همبستگی از ۰/۷۸ به ۰/۸۲ و

جدول ۳- نتایج آزمون رگرسیون چندگانه به شیوه گام‌به‌گام برای پیش‌بینی متغیر وابسته شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۹۹ درصد

پیش‌بینی شونده	گام	متغیر پیش‌بین	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیلی	مدل	مجذور میانگین مربعات خطا
LAI	۱	LA(cm)	۰/۷۸	۰/۶۰	۰/۵۸	$Y = 3/989 + 0/097LA$	۰/۵۳
	۲	LA (cm)×H (m)	۰/۸۲	۰/۶۸	۰/۶۵	$Y = 1/938 + 0/081LA + 0/758H$	۰/۵۰



شکل ۳- میانگین شاخص سطح برگ پیش‌بینی شده درختان چندل با استفاده از متغیرهای مستقل سطح برگ و ارتفاع در مقایسه با میانگین شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده

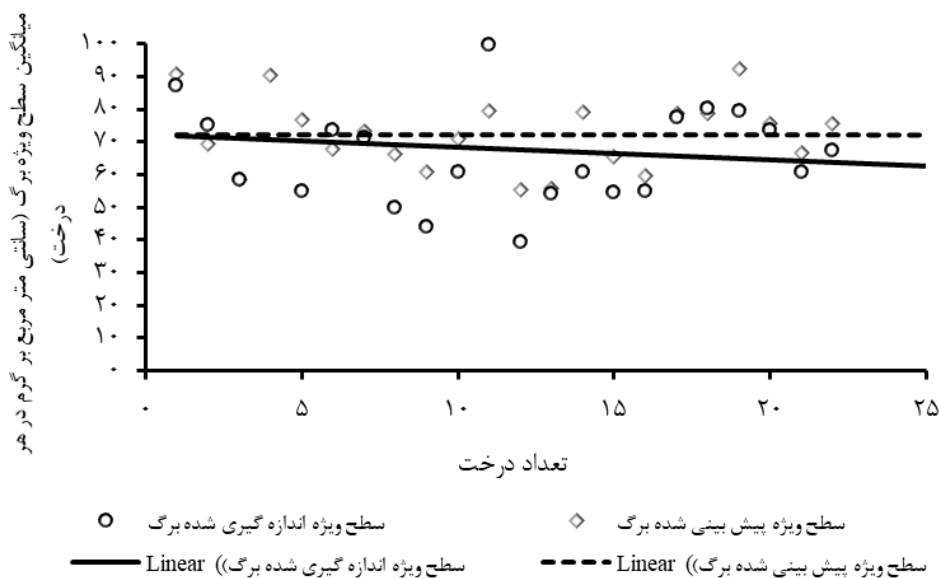
بررسی روابط متغیرهای اندازه‌گیری شده با سطح ویژه برگ

بررسی‌ها نشان داد که تنها عامل سطح برگ در پیش‌بینی سطح ویژه برگ نقش دارد. سطح برگ دارای ضریب همبستگی، ضریب تبیین و ضریب تبیین تعدیلی به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۵۶ و ۰/۵۴ است. متغیر مستقل سطح برگ می‌تواند ۵۴ درصد واریانس

تغییرات سطح ویژه برگ را پیش‌بینی کند (جدول ۴). میانگین مجذور مربعات خطا در این رابطه ۷/۲۸ است و میانگین پیش‌بینی شده با مقدار ۰/۰۲، ۳۹/۷۳ با مقدار واقعی تفاوت دارد. مقایسه مقادیر تخمینی و واقعی در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- نتایج آزمون رگرسیون چندگانه به شیوه گام‌به‌گام برای پیش‌بینی متغیر وابسته شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۹۹ درصد

پیش‌بینی‌شونده	گام	متغیر پیش‌بین	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیلی	مدل	مجدور میانگین مربعات خطا
SLA ($\text{cm}^2 \text{gr}^{-1}$)	۱	LA (cm)	۰/۷۴	۰/۵۶	۰/۵۴	$Y = 1/295 + 1/207LA$	۷/۲۸



شکل ۴- میانگین سطح ویژه برگ پیش‌بینی‌شده درختان چنل با استفاده از متغیر مستقل سطح برگ در مقایسه با میانگین سطح ویژه برگ اندازه‌گیری‌شده

بحث

مانگروها به دلیل ظرفیت زیاد جذب دی‌اکسید کربن از اتمسفر و ذخیره آن، نقش مهمی در تعادل اکوسیستم‌های ساحلی دارد (Candra et al., 2016). ظرفیت جذب در جنگل‌های مانگرو تحت تأثیر خصوصیات بیوفیزیکی درختان مانند تولید خالص اولیه، چرخه نیتروژن، تبخیر و تعرق است (Green et al., 1997).

در این تحقیق، سطح تاج با ضریب همبستگی زیاد ($R=0/81$) در تخمین زی‌توده خشک نقش مهمی دارد که با نتایج Awal et al. (2004) همسوست.

شایان ذکر است که قطر تاج یکی از عوامل مهم در تخمین زی‌توده برگ در تحقیق محققان بود. با توجه به اینکه از قطر تاج در تعیین مساحت تاج استفاده می‌شود، می‌توان گفت نتایج این تحقیق با یافته‌های Comely et al., 2005; Ghasemi et al., 2016;) (Prasanna et al., 2017) مطابقت دارد. تاج درخت (متشکل از شاخه و برگ با عملکردهای متعدد) از مهم‌ترین بخش‌های درخت است. در این میان سطح برگ به دلیل نقشی که در فرایندهای اصلی فیزیولوژیکی گیاه دارد، از عوامل اساسی در اکوسیستم جنگل به‌شمار می‌رود (Utkin et al., 1997). تحقیقات

رعایت شده و از خصوصیات غیر از عوامل ذکرشده استفاده شده است.

نتایج نشان داد که میانگین شاخص سطح برگ درختان چنل ۷/۰۶ است که تقریباً با یافته‌های دیگر محققان همسو بود (Clough et al., 1997; Clough et al., 2000; Tran, 2014, Kamal et al., 2016). سن از عوامل مؤثر در شاخص سطح برگ درختان است (Clough et al., 2000) و بیشتر بودن شاخص سطح برگ در ایران را می‌توان به جوان‌تر بودن این جنگل‌ها نسبت داد. میانگین سطح ویژه برگ درختان چنل نیز ۳۹/۷۵ سانتی‌متر مربع بر گرم بود که نزدیک به نتایج تحقیق Tran (2004) بود. شایان ذکر است که جنگل‌های مانگروی ایران هم از لحاظ ساختار و هم از لحاظ ارتفاع، متفاوت با جنگل‌های مانگروی کشورهای دیگرند (Ghasemi et al., 2016) بنابراین خصوصیات محاسبه‌شده و معادلات آلومتری درختان مانگروی ایران کاملاً متفاوت با دیگر کشورها خواهد بود.

در معادلات آلومتری، شاخص سطح برگ با دو عامل سطح برگ و ارتفاع محاسبه می‌شود و در سطح ویژه برگ عامل سطح برگ نقش کلیدی داشت. محققان همبستگی بین شاخص سطح برگ با قطر تاج (Lovynska et al., 2018) و شاخص سطح برگ با ارتفاع (Chaturvedi et al., 2017) را در درختان غیر مانگرو گزارش کردند.

یکی از مهم‌ترین خصوصیات بیوفیزیک جوامع مانگرو، شاخص سطح برگ است که در ارتباط مستقیم با فرایندهای مختلفی همچون فرایندهای اکولوژیکی بوم‌سازگان جنگلی و کنترل آنها (تولید) (Green et al., 1997)، تراکم برگ و پایش پوشش گیاهی (Liu et al., 2007) و فرایندهای فیزیکی و بیولوژیکی است (Nouvellon et al., 2000). بنابراین می‌توان گفت شاخص سطح برگ تعیین‌کننده رویش گیاهان چوبی در شرایط بوم‌سازگان جنگلی و شاخص مناسبی برای اندازه‌گیری رویش در جنگل است

نشان داد که استفاده از سطح تاج، مدل‌های بهتری را نسبت به قطر درخت و ارتفاع، در تخمین زی‌توده گیاه ارائه می‌دهد (Dombroski & de Souza Pinto, 2019). Parvaresh et al. (2012) نیز در تعیین زی‌توده روزمینی درختان حرا از سطح تاج استفاده کرد. یکی از دلایل ارتباط بین زی‌توده برگ با مساحت تاج، همبستگی بین سطح کل برگ و مساحت تاج (Hickas & Dugas, 1997) است از آنجا که سطح برگ همبستگی زیادی با زی‌توده خشک برگ دارد (Awal et al., 2004)، می‌توان گفت مساحت تاج نیز در ارتباط مستقیم با زی‌توده خشک برگ است و با افزایش سطح برگ و مساحت تاج بر مقدار زی‌توده خشک برگ افزوده می‌شود. عامل دیگر این ارتباط را می‌توان تأثیر متغیرهای کمی طول و قطر تاج بر زی‌توده برگ دانست (Pourhashemi et al., 2012). با افزایش قطر تاج بر مقدار زی‌توده برگ افزوده می‌شود. با توجه به اینکه مساحت تاج از حاصل‌ضرب قطرهای تاج به‌دست می‌آید، می‌توان گفت مساحت تاج از عوامل مهم در تعیین زی‌توده برگ است. مساحت تاج متغیر مستقل، تغییرات عوامل وابسته را نشان می‌دهد (Ghasemi et al., 2016). ساختار تاج درختان مانگرو تقریباً کروی است و قطر تاج، قطر دایره را نشان می‌دهد (Ghasemi et al., 2016) بنابراین می‌توان گفت مساحت تاج، مساحت دایره را نشان می‌دهد. بر این اساس، هرچه این مساحت بیشتر باشد زی‌توده خشک برگ نیز بیشتر است.

در تحقیقات مختلف معادلات آلومتری شاخص سطح برگ با استفاده از زی‌توده شاخه، برگ، قطر برابرینه و مساحتی از زمین که توسط تاج پوشیده شد، ارائه شده است (Li et al., 2005; Vyas et al., 2010). این خصوصیات وابسته به نوع گونه، اندازه درخت، شرایط خاکی (Law et al., 2001)، شرایط محیطی و ساختار تاج است؛ بنابراین دقت معادلات کاهش می‌یابد (Bouriaud et al., 2003) که در تحقیق حاضر نیز به‌منظور کاهش خطای معادلات، این مسئله

برگ (۳۹/۷۵ سانتی‌متر مربع بر گرم در هر درخت) درختان چندل محاسبه شد. شایان ذکر است که از یک طرف اطلاع از شاخص‌های ذکر شده به‌منظور شناخت وضعیت اکوسیستم و ارزیابی تغییرات آن در طول زمان ضروری است و از طرف دیگر اندازه‌گیری مستقیم آنها بسیار مشکل و پرهزینه است که این مشکل در جنگل‌های مانگرو با شرایط رویشگاهی خاصی که دارد سخت‌تر و پرهزینه‌تر بوده و همین امر به کمبود اطلاعات پایه اکولوژیکی و جنگل‌شناسی در این اکوسیستم بالارزش منجر شده است. بنابراین دستیابی به معادلات آلومتریک، به‌منظور مدیریت و ارزیابی صحیح جنگل‌های مانگرو بسیار ضروری است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، از بین صفات مختلف اندازه‌گیری‌شده، سطح تاج عامل اساسی در تعیین زی‌توده خشک برگ، سطح برگ و ارتفاع درخت مهم‌ترین عوامل در تعیین شاخص سطح برگ، و سطح برگ به‌تنهایی تأثیرگذارترین متغیر در تعیین سطح ویژه برگ درختان چندل است. بنابراین مدیران جنگل و محققان می‌توانند با استفاده از معادله‌های آلومتریک به‌دست‌آمده در تحقیق مورد نظر و اندازه‌گیری سطح تاج، سطح برگ و ارتفاع درخت در منطقه مورد نظر، شاخص‌های اکولوژیک لازم را با دقت قابل قبولی تخمین بزنند و از نتایج آن در برنامه‌ریزی‌های صحیح مدیریتی و همچنین ارزیابی تغییرات آن در طول زمان استفاده کنند.

(Asner et al., 2003) که ممکن است یکی از دلایل وابستگی شاخص سطح برگ به خصوصیات رویشی در این تحقیق باشد. علت دیگر ارتباط خصوصیات رویشی با شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ را می‌توان نقش برگ در فرایندهای بیولوژیکی شامل فتوسنتز، تولید خالص اولیه، تبادل انرژی بین گیاهان و اتمسفر (Botkin, 1986)، تنفس، تبخیر و تعرق تاج و (Chaturvedi et al., 2017)، تولید ماده آلی و بازگشت عناصر غذایی در چرخه بیولوژیکی مواد بین بخش زنده و غیرزنده (Adl, 2007) دانست که در نهایت به رویش گیاه منجر می‌شود. در واقع سطح برگ در فرایندهای بیولوژیکی گیاهان عامل مؤثری در تبادل انرژی و ماده، بین تاج درختان و اتمسفر است (Eriksson et al., 2005). محققان رابطه نزدیک سطح برگ با زی‌توده خشک اندام رویشی را گزارش کردند (Retta et al., 2000). بنابراین طبیعی است که هرچه سطح تبادل بیشتر باشد، شدت فرایندهای بیولوژیکی و در نتیجه مقدار رویش گیاه بیشتر خواهد بود. با توجه به تأثیر برگ و سطح آن در فرایندهای بیولوژیکی و رویش گیاه، می‌توان گفت خصوصیات رویشی گیاه و سطح برگ، بهترین عوامل تعیین‌کننده شاخص سطح برگ و سطح ویژه برگ است.

در این تحقیق برای اولین بار در کشور سه شاخص اکولوژیکی زی‌توده خشک برگ (۳/۳۳ کیلوگرم در هر درخت)، شاخص سطح برگ (۷/۰۶) و سطح ویژه

References

- Abohassan, R.A. (2013). Heavy metal pollution in *Avicennia marina* mangrove systems on the Red Sea coast of Saudi Arabia. *Journal of King Abdulaziz University: Metrology. Environment and Arid Land Agricultural Sciences*, 142(579), 1-38.
- 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.
- Arias, D., Calvo-Alvarado, J., & Dohrenbusch, A. (2007). Calibration of LAI-2000 to estimate leaf area index (LAI) and assessment of its relationship with stand productivity in six native and introduced tree species in Costa Rica. *Forest Ecology and management*, 247(1-3), 185-193.

- Asner, G.P., Scurlock, J.M., & A. Hicke, J. (2003). Global synthesis of leaf area index observations: implications for ecological and remote sensing studies. *Global Ecology and Biogeography*, 12(3), 191-205.
- Awal, M.A., Ishak, W., Endan, J., & Haniff, M. (2004). Determination of specific leaf area and leaf area-leaf mass relationship in oil palm plantation. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(3), 264-268.
- Bijani, A., Moslehi, M., & Parvaresh, H. (2020). Effects of *Prosopis cineraria* (L.) Druce and *Prosopis juliflora* (SW.) DC on some chemical characteristics of soil. *Iranian Journal of Forest*, 12 (1), 101-111.
- Botkin, D.B. (1986). *Remote sensing of the biosphere*. National Academy of sciences, Report of the Committee on Planetary Biology, Washington, DC: National Research Council, 135 p.
- Bussotti, F., Grossoni, P., & Bottacci, A. (1997). Sclerophylly in beech *Fagus sylvatica* L. trees 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. Tokyo: University Press, 289p.
- Bouriaud, O., Soudani, K., & Bréda, N. (2003). Leaf area index from litter collection: impact of specific leaf area variability within a beech stand. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29(3), 371-380.
- Candra, E. D., & Wicaksono, P. (2016). Above ground carbon stock estimates of mangrove forest using worldview-2 imagery in Teluk Benoa, Bali. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 47 (1): 012014.
- Chaturvedi, R.K., Shivam, S., Sing, H., & Raghubanshi, A.S. (2017). Assessment of allometric models for leaf area index estimation of *Tectona grandis*. *Tropical Plant Research*, 4(2), 274-285.
- Clough, B., Tan, D.T., & Buu, D.C. (2000). Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove *Rhizophora apiculata* of different age in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquatic Botany*, 66(4), 311-320.
- Clough, B.F., Ong, J.E., & Cong, W.K. (1997). Estimating leaf area index and photosynthetic production in canopies of the mangrove *Rhizophora apiculata*. *Marine Ecology Progress*, 159, 285-292.
- Comley, B.W.T., & McGuinness, K.A. (2005). Above- and below-ground biomass, and allometry, of four common northern Australian mangroves. *Australian Journal of Botany*, 53, 431-436.
- Coronado-Molina, C., Day, J.W., Reyes, E., & Perez, B.C. (2004). Standing crop and aboveground biomass partitioning of a dwarf mangrove forest in Taylor River Slough, Florida. *Wetlands Ecology and Management*, 12(3), 157–164.
- Dahdouh-Guebas, F., Mathenge, C., Kairo, J.G., & Koedam, N. (2000). Utilization of mangrove wood products around Mida Creek (Kenya) amongst subsistence and commercial users. *Economic Botany*, 54(4), 513-527.
- Danehkar, A., & Jalali S.G.H.A. (2005). *Avicennia marina* forest structure using line plot method. *Iranian Journal of Pajooheh va Sazandegi*, 18(2), 18-24.
- Dombroski, J.L.D., & Pinto, J.R.D.S. (2019). Crown Area as a Parameter for Biomass Estimation of *Croton sonderianus* Müll. Arg. *Floresta e Ambiente*, 26(4), 1-7.
- Eriksson, H., Eklundh, L., Hall K., & Lindroth, A. (2005). Estimating LAI in deciduous forest stands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129(1-2), 27-37.
- FAO (2008). *For Southeast Asia*. FAO and Wetlands International, 198 p.
- Ghasemi, A., Fallah A., & Joibary, S.S. (2016). Allometric equations for estimating standing biomass of *Avicennia marina* in Bushehr of Iran. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2), 691-697.
- Green, E.P., Mumby, P.J., Edwards, A.J., Clark, C.D., & Ellis, A.C. (1997). Estimating leaf area index of mangroves from satellite data. *Aquatic botany*, 58(1), 11-19.

- Juniansah, A., Tama, G.C., Febriani, K.R., Baharain, M.N., Kanekaputra, T., Wulandari Y.S., & Kamal, M. (2018). Mangrove Leaf Area Index Estimation Using Sentinel 2A Imagery in Teluk Ratai, Pesawaran Lampung. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*. 3rd International Conference of Indonesia Society for Remote Sensing, Indonesia. 8p.
- Kamal, M., Phinn, S., Johansen, K., & Adi, N.S. (2016). Estimation of Mangrove leaf area index from ALOS AVNIR-2 data (A comparison of tropical and sub-tropical mangroves). *Advances of Science and Technology for Society: Proceedings of the 1st International Conference on Science and Technology*, 11-13 November, ogyakarta, Indonesia, 040005-1-040005-6.
- Hickas, R.A., & Dugas, W.A., (1997). Estimating ashe juniper leaf from tree and stem characteristics. *Journal of Range Management*, 51: 633-637.
- Law, B.E., Cescatti, A., & Baldocchi, D.D. (2001). Leaf area distribution and radiative transfer in open-canopy forests: implications for mass and energy exchange. *Tree Physiology*, 21(12-13), 777-787.
- Li, Y., Johnson, D.A., Su, Y., Cui, J., & Zhang, T. (2005). Specific leaf area and leaf dry matter content of plants growing in sand dunes. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 46(2), 127-134.
- Liu, R., Chen, J.M., Liua, F., Deng, R., & Sunk, D. (2007). Application of a new leaf area index algorithm to China's land mass using MODIS data for carbon cycle research. *Journal of Environmental Management*, 85: 649-658.
- Lovynska, V., Lakyda, P., Sytnyk, S., Kharytonov, M., & Piestova, I. (2018). LAI estimation by direct and indirect methods in Scots pine stands in Northern Steppe of Ukraine. *Journal of Forest Science*, 64(12), 514-522.
- Moser, G., Hertel, D., & Leuschner, C. (2007). Altitudinal change in LAI and stand leaf biomass in tropical montane forests: a transect study in Ecuador and a pan-tropical meta-analysis. *Ecosystems*, 10(6), 924-935.
- Nouvellon, Y., Rambal, S., Lo Seen, D., Moran, M.S., Lomme, J.P., Bégué, A., Chehbouni, A.G., & Kerr, Y. (2000). Modeling of daily fluxes of water and carbon from short grass steppes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 100(2-3): 137-153.
- Parvaresh, H., Parvaresh, E., & Zahedi, G. (2012). Establishing allometric relationship using crown diameter for the estimation of above ground biomass of grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk) Vierh in Mangrove Forests of Sirik, Iran. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2(2), 1763-1769.
- Petrosian, H., Ashrafi, S., Danehkar, A., & Feghhi, J. (2014). Using Logistic Regression in Identification Climatology Factors Influencing the Distribution of Hormozgan Province Avicennia Marina Forests. *Iranian Journal of Natural Environment*, 67(2), 135-144.
- Pierce, L.L., Running, S.W., & Walker, J. (1994). Regional-scale relationships of leaf area index to specific leaf area and leaf nitrogen content. *Ecological Applications*, 4:313-321.
- Prasanna, J., Anand, M. Vijayaswkar, D., & Kumaraguru, K. (2017). Allometric model for estimationg above ground biomass and carbon storage in Karankadu mangrove swamp, Palk bay, Southeast coast of India. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 46(8):1682-1692.
- Pourhashemi, M., Eskandari, S., Dehghani, M., Najafi, T., Asadi, A., & Panahi, P. (2012). Biomass and leaf area index of Caucasian Hachberry (*Celtis caucasica* Willd.) in Taileh urban forest, Sanandaj, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(4): 609-620.
- Retta, A., Armbrust, D.V., Hagen, L.J., & Skidmore, E.L. (2000). Leaf and stem area relationships to masses and their height distributions in native grasses. *Agronomy Journal*, 92(2), 225-230.
- Sandiliyan, S., Thiyagesan, K., Nagarajan, R., & Vencatesan, J. (2010). Salinity rise in Indian mangroves—a looming danger for coastal biodiversity. *Current Science*, 98(6), 754-756.

- Sytynk, S., Lovynska, V., & Lakyda, I. (2017). Foliage biomass qualitative indices of selected forest forming tree species in Ukrainian Steppe. *Folia Oecologica*, 44(1), 38-45.
- Tran, P. (2014). Allometry, Biomass and litter decomposition of the New Zealand mangrove *Avicennia marina* var. *australasica*. MSc thesis. School of Applied Sciences. New Zealand, 63 p.
- Utkin A.I., Ermolova, L.S., & Zamolodchikov, D.G. (1997). Conversion indexes for determining the leaf area surface of plantations of main forest-forming species in Russia. *Forest Science*, 3, 74-78.
- Vyas, D., Mehta, N., Dinakaran, J., & Krishnayya, N.S.R. (2010). Allometric equations for estimating leaf area index (LAI) of two important tropical species (*Tectona grandis* and *Dendrocalamus strictus*). *Journal of Forestry Research*, 21(2), 197-200.
- Watson, D.J. (1947). Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of botany*, 11(41), 41-76.



Research Article

Measurement and estimation of specific leaf area, leaf dry mass and leaf area index of *Rhizophora mucronata* Lam. in Sirik mangrove forests

M. Moslehi^{1*}, M. Yaghoobzadeh², A. Bijani³, and A. Ahmadi⁴

¹ Assistant Prof, Research Division of Natural Resources, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bandar Abbas, Iran,

² Ph.D Student of Land Use Planning, Department of Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources, Iran.

³ M.Sc., Department of environmental management and planning, Natural Resources, Islamic Azad University, Bandarabbas Branch, Iran.

⁴ Assistant Prof. Research Division of Natural Resources, Golestan. Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran.

(Received: 20 May 2020, Accepted: 06 September 2020)

Abstract

The objective of this study was to measure and determine the allometric equation of leaf dry mass, specific leaf area and leaf area index of *Rhizophora mucronata* species located in Sirik city, Hormozgan province, Iran. In this study, in addition to the actual determination of the leaves, the specific leaf area and the leaf area index of *Rhizophora mucronata* trees were calculated using vegetative characteristics. Then, the correlation between different components, and their allometric equations were calculated. Determining the leaf area index was performed directly by collecting 88 leaves from 22 trees and weighing them and the mean leaf area, the canopy area and leaf dry mass were calculated through collecting one-eighth of the tree canopy and determining the fresh and dry weight. Correlation and model determination were determined using stepwise regression ($P \leq 0.01$). According to the results, the mean dry mass, specific leaf area and leaf area index were 3.33 kg/tree, 39.74 cm²/g per tree and 0.76, respectively. The leaf area index, with two factors of leaf area and tree height, (correlation coefficient=0.82) explained 65% of the variations in the dependent variable. In determining the specific leaf area, only leaf area factor was introduced as the most effective factor in the equation and explained 56% of the variations. Results showed that tree factors, canopy area, leaf area and height can have key role in tree ecological indices (leaf dry mass, LAI and SLA) estimation and also in evaluation of mangrove stand changes and health.

Keywords: Allometric, Leaf area, Leaf dry mass, Mangrove forests.