



## مدل‌سازی نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی در جنگل‌های دالاب ایلام

مهرداد میرزایی<sup>۱\*</sup>، امیر اسلام بنیاد<sup>۲</sup>، رضا اخوان<sup>۳</sup> و رامین نقدی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

<sup>۲</sup> استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

<sup>۳</sup> دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۴)

### چکیده

نسبت تاجی درختان، نسبت طول تاج درخت به ارتفاع درخت است. نسبت تاجی شاخص مفید برای نشان دادن تنومندی درخت، کیفیت چوب، ثبات و استحکام در مقابل باد، تراکم توده و در مدیریت بسیاری از منابع غیرچوبی شامل زیستگاه حیات‌وحش و تفریح و تفرج است. هدف این پژوهش مدل‌سازی نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی و همچنین ارزیابی مدل‌های به‌دست‌آمده در جنگل‌های طبیعی استان ایلام با استفاده از روش رگرسیون غیرخطی بود. بدین منظور منطقه‌ای به وسعت ۵۰۹ هکتار از جنگل‌های طبیعی استان ایلام انتخاب شد. سپس براساس روش نمونه‌برداری منظم تصادفی، ۱۰۰ قطعه نمونه دایره‌ای ۱۰ آری در شبکه‌ای به ابعاد ۲۵۰×۲۰۰ متر اندازه‌گیری شد. در داخل هر قطعه نمونه متغیرهای مستقل قطر یقه، قطر برابرسینه، ارتفاع تنه، ارتفاع کل، سطح تاج، طول تاج، قطر تاج، سطح مقطع، ضریب قدکشیدگی درخت و متغیر وابسته نسبت تاجی درختان اندازه‌گیری شد. در مجموع ۱۱۱۳ اصله از درختان بلوط ایرانی اندازه‌گیری شدند. از رگرسیون‌های غیرخطی نمایی، لجستیک و چایمن-ریچارد به منظور مدل‌سازی نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی استفاده شد. برای ارزیابی مدل‌های به‌دست‌آمده از ضریب تبیین ( $R^2$ )، آزمون t جفتی و از چهار آماره ارزیابی صحت میانگین خطا، جذر میانگین مربعات خطا، میانگین خطای نسبی و جذر میانگین مربعات خطای نسبی استفاده شد. نتایج آماره‌های ارزیابی صحت نشان داد که هر سه مدل بررسی شده از صحت کافی در برآورد متغیر نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی برخوردارند. اما نتایج ضریب تبیین نشان داد که مدل نمایی نسبت به دیگر مدل‌ها از ضریب تبیین بیشتری برخوردار است ( $R^2=0/60$ ). همچنین نتایج آزمون t جفتی نشان داد که تنها میانگین برآوردی به‌دست‌آمده از مدل نمایی اختلاف معنی‌داری با میانگین واقعی ندارد. بنابراین مدل نمایی به‌عنوان بهترین مدل برای برآورد مشخصه نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی در جنگل‌های دالاب ایلام انتخاب شد.

**واژه‌های کلیدی:** بلوط ایرانی، تاج‌پوشش، جنگل‌های زاگرس، رگرسیون غیرخطی.

### مقدمه

جنگل‌های زاگرس از نظر تولید چوب ارزش اقتصادی کمی دارند، اما از نظر تأمین آب، حفظ خاک، تعدیل آب‌وهوا و تعادل اقتصادی و اجتماعی بسیار مهم‌اند (Parma & Shataee, 2010; Sohrabi & Taheri Sarteshnizi, 2012). با توجه به ساختار جنگل‌های زاگرس که اغلب شاخه‌زاد است و قادر به تولید چوب صنعتی نیست، حجم سرپا و سطح مقطع در ارتفاع برابرسینه، شاخص‌های مناسبی از

جنگل‌های زاگرس از نظر تولید چوب ارزش اقتصادی کمی دارند، اما از نظر تأمین آب، حفظ خاک، تعدیل آب‌وهوا و تعادل اقتصادی و اجتماعی بسیار مهم‌اند (Parma & Shataee, 2010; Sohrabi & Taheri Sarteshnizi, 2012). با توجه به ساختار جنگل‌های زاگرس که اغلب شاخه‌زاد است و قادر به تولید چوب صنعتی نیست، حجم سرپا و سطح مقطع در ارتفاع برابرسینه، شاخص‌های مناسبی از

جنگل، اندازه‌گیری نسبت تاجی درخت برای همه درختان نمونه‌برداری‌شده زمان‌بر و پرهزینه است (Hasenauer & Monserud, 1996; Temesgen et al., 2005). بنابراین، توسعه مدل‌های نسبت تاجی درخت ضروری است و به مدیران جنگل اجازه می‌دهد که به‌طور دقیق‌تری نسبت تاجی درخت را پیش‌بینی کنند (Leites et al., 2009). از توابع لجستیک و نمایی برای مدل‌سازی نسبت تاجی در جنگل‌های آمریکا با استفاده از متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل، سطح مقطع، فاکتور رقابت تاجی توده و درصد توزیع سطح مقطع در توده استفاده کردند و متغیر قطر برابرسینه را مهم‌ترین متغیر به‌منظور مدل‌سازی معرفی کردند. (Popoola & Adesoye, 2012) چایمن-ریچارد، لجستیک و نمایی و به‌کارگیری متغیرهای ارتفاع درخت، ارتفاع تنه، طول تاج، قطر برابرسینه، ضریب قدکشیدگی و قطر تاج به مدل‌سازی نسبت تاجی درختان در ذخیره‌گاهی جنگلی در نیجریه پرداختند که در نهایت از متغیرهای ارتفاع تنه و ضریب قدکشیدگی به‌دلیل همبستگی بیشتر با مشخصه نسبت تاجی برای مدل‌سازی استفاده کردند (Fu et al., 2015). به مدل‌سازی نسبت تاجی تک‌درختان بلوط (*Quercus mongolica*) در جنگل‌های شمال شرقی چین با استفاده از مدل‌های غیرخطی پرداختند که از متغیرهای قطر برابرسینه، قطر درختان غالب و ارتفاع درختان غالب به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار استفاده کردند (Saud et al., 2016). از مدل لجستیک برای مدل‌سازی نسبت تاجی درختان کاج (*Pinus echinata* Mill.) استفاده کردند که نتایج نشان داد مدل لجستیک از صحت کافی در برآورد نسبت تاجی درختان کاج برخوردار است. تاکنون بیشتر مدل‌های به‌دست‌آمده، مدل‌های خطی یا غیرخطی‌اند و اغلب به‌عنوان تابعی از قطر برابرسینه، ارتفاع کل درخت، سن و با استفاده از تکنیک‌های

توده برای مطالعه و پژوهش نیستند (Erfani Fard et al., 2007). به همین دلیل برای مطالعه و بررسی جنگل‌های زاگرس، مشخصه تاج‌پوشش معیار مهمی محسوب می‌شود. تاج درخت مؤلفه‌ای از تولید اولیه خالص و ابعاد آن منعکس‌کننده سلامت درخت است. تاج‌های بزرگ و انبوه در ارتباط با پتانسیل نرخ رشد و تاج‌های کوچک و تنک نیز منعکس‌کننده شرایط نامطلوب رویشگاه (رقابت، رطوبت، بیماری) هستند (Kozłowski et al., 1991). اغلب اندازه‌گیری تاج درخت برای کمک به کمی‌سازی رشد درخت استفاده می‌شود (Kozłowski et al., 1991). اندازه تاج درخت تأثیر چشمگیری بر رشد درخت دارد و با رشد درخت و بخش‌های مختلف آن در ارتباط است (Temesgen et al., 2005). همچنین متغیر مهمی است که به‌طور معمول در مدل‌های رشد و محصول بررسی شده و به‌عنوان ابزار تصمیم‌گیری در مدیریت جنگل استفاده می‌شود (Soares & Tome, 2001; Leites et al., 2009; Popoola & Adesoye, 2012). به‌طور معمول اندازه تاج درخت با استفاده از طول تاج، عرض تاج و نسبت تاجی درخت مشخص می‌شود. نسبت تاجی که نسبت طول تاج زنده به ارتفاع کل درخت است، به‌طور وسیعی برای پیش‌بینی رشد و محصول درختان و جنگل‌ها به‌کار برده می‌شود (Sprinz & Burkhardt, 1987; Wykoff et al., 1982). نسبت تاجی شاخص مفید برای نشان دادن تنومندی درخت (Hasenauer & Monserud, 1996)، کیفیت چوب (Kershaw et al., 1990)، ثبات و استحکام در مقابل باد (Navaratil, 1997)، تراکم توده (Clutter et al., 1983) و یک ویژگی جالب توجه در مدیریت بسیاری از منابع غیرچوبی شامل زیستگاه حیات وحش و تفریح و تفرج است (McGaughey, 1997). دامنه مقادیر نسبت تاجی از صفر (برای درختان بدون تاج مانند درختان مرده یا بدون برگ) تا یک (برای درختان با تاج‌های گسترده که تنه درخت را می‌پوشاند) است. در آماربرداری

درجه سانتی‌گراد است. حداقل ارتفاع از سطح دریای منطقه تحقیق ۱۴۵۰ متر و حداکثر آن ۱۷۵۰ متر است.

### روش پژوهش

برای این پژوهش منطقه‌ای به وسعت ۵۰۹ هکتار از جنگل‌های طبیعی استان ایلام انتخاب شد. سپس براساس روش نمونه‌برداری منظم تصادفی، ۱۰۰ قطعه نمونه دایره‌ای ۱۰ آری در شبکه‌ای به ابعاد ۲۵۰×۲۰۰ متر اندازه‌گیری شد. با مشخص کردن محل تقاطع اضلاع روی نقشه، مختصات مرکز نقاط نمونه‌برداری از نقشه در سیستم مختصات جهانی UTM استخراج و با دستگاه GPS در عرصه جنگل مشخص شد (Bonyad, 2014). در محل تقاطع اضلاع شبکه آماربرداری، قطعات نمونه برداشت شد. در داخل هر قطعه نمونه، متغیرهای مستقل قطر یقه، قطر برابرسینه، ارتفاع تنه (Height Bole)، ارتفاع کل، سطح تاج، طول تاج، قطر تاج، سطح مقطع برابرسینه، ضریب قدکشیدگی درخت و متغیر وابسته نسبت تاجی درختان اندازه‌گیری شد. در مجموع ۱۱۱۳ درخت اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری داده‌های خام، تجزیه و تحلیل مقدماتی آنها انجام گرفت. از ۱۱۱۳ اصله درخت اندازه‌گیری شده، ۹۴۶ اصله (۸۵ درصد) برای مدل‌سازی استفاده شد و ۱۶۷ اصله (۱۵ درصد) نیز به‌طور تصادفی به‌منظور اعتبارسنجی و برآورد خطای مدل‌ها کنار گذاشته شد (Vafaei et al., 2016). برای مدل‌سازی نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی از روش‌های رگرسیون غیرخطی لجستیک (رابطه ۱)، نمایی (رابطه ۲) و چاپمن-ریچارد<sup>۱</sup> (رابطه ۳) استفاده شد. شکل کلی این روابط به‌صورت زیر است (Popoola & Adesoye, 2012; Fu et al., 2015):

رابطه ۱

$$y = 1 / [1 - e^{-b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n}]$$

متداول حداقل مربعات توسعه یافته‌اند (Bragg, 2001; Sonmez, 2009). هدف این پژوهش مدل‌سازی نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی با استفاده از روش‌های رگرسیون غیرخطی (لجستیک، نمایی و چاپمن-ریچارد) و همچنین ارزیابی مدل‌های به‌دست‌آمده در جنگل‌های طبیعی استان ایلام است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه پژوهش

جنگل‌های دالاب به مساحت حدود ۳ هزار هکتار در مسیر جاده ترانزیتی کرمانشاه به ایلام و ۲۵ کیلومتری شهر ایلام واقع شده و قسمتی از مناطق کوهستانی شمال غرب شهرستان ایلام است. این جنگل از مناطق جنگلی منحصربه‌فرد استان به‌شمار می‌رود که می‌توان جنگلداری پایدار را با حفظ ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در آن اعمال کرد و همچنین به‌دلیل تنوع حیات‌وحش موجود در منطقه از جمله مناطق مورد توجه سازمان حفاظت محیط زیست استان است؛ تا جایی که از نظر زیست‌محیطی بخشی از منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ است. منطقه تحقیق به مساحت ۵۰۹ هکتار از نظر مختصات جغرافیایی در طول ۰۷' ۲۲' ۵۲" تا ۲۴' ۲۴' ۵۲" شرقی و در عرض ۵۶' ۴۱' ۳۳" تا ۳۲' ۴۳' ۳۳" شمالی واقع شده است (شکل ۱). درختان منطقه که گونه اصلی آنها را بلوط ایرانی تشکیل می‌دهد، بیشتر دانه‌زاد و شاخه‌زادند، به‌طوری که گونه‌های شاخه‌زاد نیز به‌صورت تک‌پایه در منطقه تحقیق استقرار یافته‌اند. تیپ‌های شناسایی شده در جنگل‌های دالاب تیپ بلوط ایرانی، تیپ آمیخته (بلوط ایرانی، بنه، بادام) و تیپ دافنه-بادام هستند (Mirzaei & Bonyad, 2015). این منطقه براساس طبقه‌بندی آب‌وهوایی دومارتن در اقلیم نیمه‌مرطوب سرد و براساس طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم نیمه‌خشک قرار دارد و خاک آن براساس دسته‌بندی فائو و در رده خاک‌های لی‌توسول است. متوسط بارندگی سالیانه ۵۷۱/۵ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۶/۷

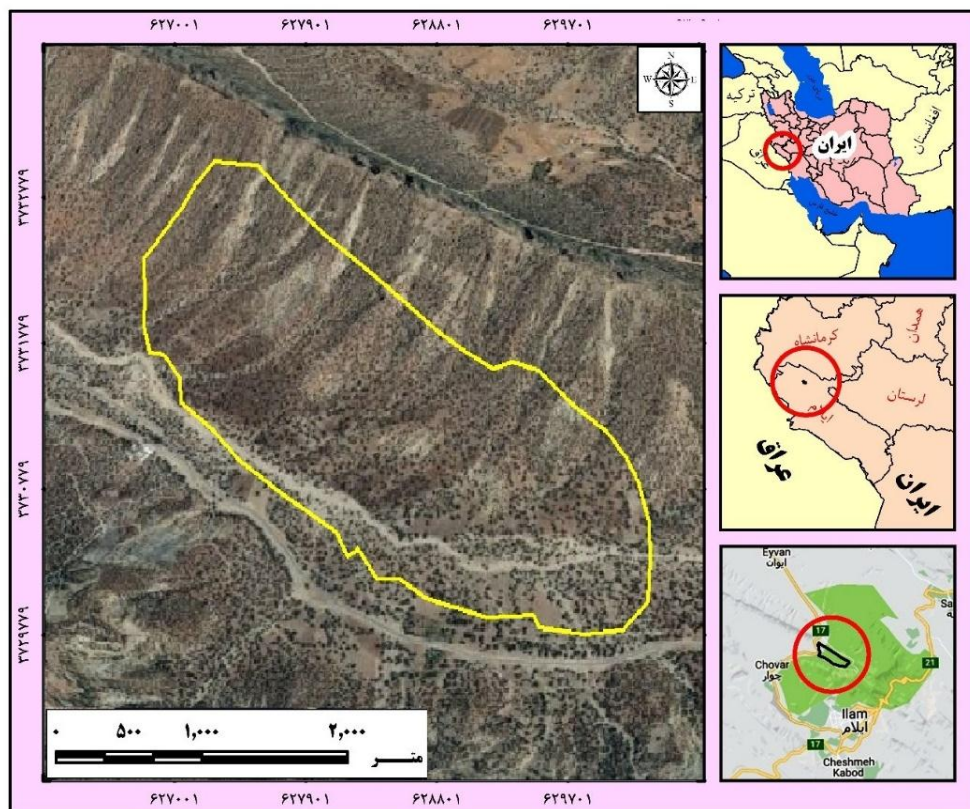
رابطه ۲

$$y = 1 / [1 + e^{-b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n}]^{0.5}$$

رابطه ۳

$$y = b_0 + e^{-b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n}$$

Y: متغیر وابسته  
 b<sub>n</sub> تا b<sub>0</sub>: ضرایب مدل  
 X<sub>1</sub> تا X<sub>n</sub>: متغیرهای مستقل



شکل ۱. منطقه تحقیق

شد. تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ و ارزیابی صحت برآوردها با استفاده از آماره‌های میانگین خطای نسبی (ME<sub>r</sub>) و جذر میانگین مربعات خطا نسبی (RMSE<sub>r</sub>) صورت گرفت. شایان ذکر است که هرچه مقدار این آماره‌ها کمتر باشد، مدل مناسب‌تر و به عبارت دیگر از صحت بیشتری برخوردار است. این آماره‌ها به صورت روابط زیر تعریف می‌شوند (Johnston et al., 2001):

رابطه ۵

$$ME = \sum [A(x_i) - \hat{A}(x_i)] / n \rightarrow$$

$$ME_r = [ME / \bar{A}(x_i)] \times 100$$

### روش تحلیل

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. از آزمون همبستگی پیرسون به منظور بررسی همبستگی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل استفاده شد. برای بررسی هم‌خطی متغیرهای مستقل از ضریب تورم واریانس (VIF) و برای مقایسه میانگین برآوردی مشخصه نسبت تاجی به دست آمده از مدل‌های مختلف بررسی شده با میانگین اندازه‌گیری شده از آزمون t جفتی استفاده

رابطه ۶

$$RMSE = \sqrt{(\sum[A(x_i) - \hat{A}(x_i)]^2 / n)} \rightarrow$$

$$RMSE_r = [RMSE / \bar{A}(x_i)] \times 100$$

موردنظر  
n: تعداد نمونه‌ها

ME: میانگین خطا

RMSE: جذر میانگین مربعات خطا

$\hat{A}(x_i)$ : مقدار برآوردی مشخصه‌های موردنظر

$\bar{A}(x_i)$ : میانگین اندازه‌گیری شده مشخصه‌های

موردنظر

$A(x_i)$ : مقدار اندازه‌گیری شده مشخصه‌های

نتایج

آمار توصیفی پارامترهای آماری مشخصه‌های اندازه‌گیری شده شامل قطر برابرسینه، قطر یقه، ارتفاع، طول تاج، سطح تاج، قطر تاج، سطح مقطع برابرسینه، ضریب قدکشیدگی، ارتفاع تنه و نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- پارامترهای آماری مشخصه‌های اندازه‌گیری شده (n=۹۴۶)

مشخصه	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات
قطر برابرسینه (m)	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۹۳	۴۲/۸۵
قطر یقه (m)	۰/۲۹	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۹۴	۴۱/۳۷
ارتفاع کل (m)	۹/۲۵	۳/۵۷	۲/۰۰	۲۱/۶۳	۳۸/۵۹
طول تاج (m)	۷/۰۴	۲/۹۸	۱/۰۷	۵۷/۱۵	۴۲/۳۲
سطح تاج (m <sup>2</sup> )	۱۷/۷۱	۱۳/۹۱	۱/۰۰	۱۰۰/۰۰	۷۸/۵۴
قطر تاج (m)	۳/۹۴	۱/۴۷	۱/۰۰	۱۰/۰۰	۳۷/۳۰
سطح مقطع (m <sup>2</sup> )	۰/۰۷۴	۰/۰۷۳	۰/۰۱	۰/۶۸	۹۸/۶۴
ضریب قدکشیدگی	۳۶/۴۰	۱۵/۶۳	۷/۴۱	۹۷/۴۰	۴۲/۹۳
ارتفاع تنه (m)	۲/۲۰	۱/۰۲	۰/۳۶	۲۵/۴۰	۴۶/۳۶
نسبت تاجی	۰/۷۵	۰/۰۸۹	۰/۴۰	۰/۹۳	۱۱/۸۶

نتایج همبستگی بین متغیر وابسته نسبت تاجی با متغیرهای مستقل قطر برابرسینه، قطر یقه، ارتفاع درخت، طول تاج، سطح تاج، قطر تاج، سطح مقطع برابرسینه، ضریب قدکشیدگی درخت و ارتفاع تنه در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج، بیشترین همبستگی متغیر وابسته نسبت تاجی با متغیرهای

طول تاج (۰/۶۳۱) و ارتفاع تنه (۰/۵۸۴-) است. بنابراین از این متغیرها برای مدل‌سازی نسبت تاجی استفاده شد. همچنین نتایج نشان داد که دو متغیر طول تاج و ارتفاع تاج دارای ضریب تورم واریانس ۱/۶۵ هستند که بیانگر نبود هم‌خطی بین این دو متغیر است.

جدول ۲- نتایج همبستگی بین متغیر وابسته نسبت تاجی و متغیرهای مستقل (n=۹۴۶)

متغیرهای مستقل									متغیر وابسته
HB	TSC	BA	CD	CA	CL	H	DB	DBH	CR
-۰/۵۸۴**	۰/۱۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۲۹۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۷۲ <sup>ns</sup>	۰/۶۳۱**	۰/۴۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۴۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۴۷ <sup>ns</sup>	

\*\* معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ ns معنی‌دار نبودن در سطح ۱ درصد.

جدول ۳- نتایج آزمون هم‌خطی متغیرهای مستقل براساس ضریب تورم واریانس (VIF)

متغیر	VIF	متغیر	VIF	متغیر	VIF
DBH-DB	۱۴۲/۸۵	DB-CA	۱/۴۹	H-HB	۲/۵۷
DBH-H	۱/۰۹	DB-CD	۱/۵۳	CL-CA	۱/۰۹
DBH-CL	۱/۱۱	DB-BA	۱۲/۰۴	CL-CD	۱/۰۹
DBH-CA	۱/۴۹	DB-TSC	۱/۴۸	CL-BA	۱/۰۸
DBH-CD	۱/۵۳	DB-HB	۱/۰۱	CL-TSC	۱/۲۷
DBH-BA	۱۴/۴۹	H-CL	۲۰/۸۳	CL-HB	۱/۶۵
DBH-TSC	۱/۴۸	H-CA	۱/۰۶	CA-CD	۲۵/۶۴
DBH-HB	۱/۰۱	H-CD	۱/۰۶	CA-BA	۱/۳۸
DB-H	۱/۰۹	H-BA	۱/۰۷	CA-TSC	۱/۱۰
DB-CL	۱/۱۱	H-TSC	۱/۳۴	CA-HB	۱/۰۰
CD-BA	۱/۳۹	CD-HB	۱/۰۰	BA-HB	۱/۰۰
CD-TSC	۱/۱۱	BA-TSC	۱/۳۲	TSC-HB	۱/۳۰

نتایج مدل‌سازی نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی با استفاده از روش‌های رگرسیون غیرخطی نمایی، لجستیک و چاپمن- ریچارد در جدول ۴ ارائه شده است که بر این اساس، مدل رگرسیون غیرخطی نمایی نسبت به مدل‌های لجستیک و چاپمن- ریچارد بیشترین ضریب تبیین و همچنین ضریب تبیین تعدیل‌یافته را دارد. با استفاده از مدل‌های

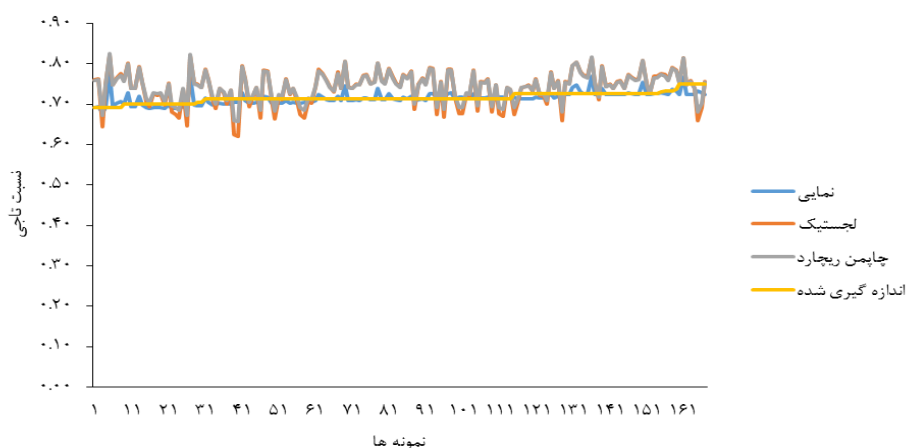
به‌دست‌آمده، نسبت تاجی ۱۶۷ اصله درختی که برای اعتبارسنجی مدل‌ها کنار گذاشته شده بود، محاسبه و نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است که بر این اساس، میانگین نسبت تاجی به‌دست‌آمده از مدل نمایی به میانگین نمونه‌های اندازه‌گیری شده نزدیک‌تر است (شکل ۲).

جدول ۴- ضریب تبیین مدل‌های نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی (n=۹۴۶)

تابع	مدل	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل‌یافته
نمایی	$CR = -0.386 + \exp((0.009CL) + (0.150 / HB))$	۰/۶۰	۰/۶۰
لجستیک	$CR = 1 / (1 + \exp(-1/8.04 + (0.0001CL) + (0.261 HB)))$	۰/۱۷	۰/۱۷
چاپمن- ریچارد	$CR = -0.571 / (1 - \exp(1 + (0.0001CL) + (0.050HB)))^{0.5}$	۰/۲۷	۰/۲۷

جدول ۵- پارامترهای آماری مدل‌های نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی

تابع	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات
نمایی	۰/۷۱	۰/۰۱۵	۰/۶۸	۰/۷۸	۱/۹۴
لجستیک	۰/۷۴	۰/۰۴۰	۰/۶۲	۰/۸۲	۵/۴۰
چاپمن- ریچارد	۰/۷۴	۰/۰۳۴	۰/۶۶	۰/۸۳	۴/۵۹
اندازه‌گیری شده	۰/۷۱	۰/۰۱۳	۰/۶۹	۰/۷۵	۱/۸۳



شکل ۲- مقادیر مشاهده شده متغیر نسبت تاجی و مقدار برآوردی با مدل های بررسی شده

آماره های ارزیابی صحت مدل های بررسی شده در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج آزمون t جفتی نشان داد که تنها میانگین برآوردی با استفاده از مدل نمایی اختلاف معنی داری با میانگین اندازه گیری شده ندارد، اما میانگین برآوردی به دست آمده از دیگر مدل های بررسی شده اختلاف معنی داری با میانگین اندازه گیری شده دارد (جدول ۷).

نتایج آماره های ارزیابی صحت میانگین خطا، میانگین خطای نسبی، جذر میانگین مربعات خطا و جذر میانگین مربعات خطای نسبی نشان داد که همه مدل های بررسی شده برای برآورد نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی از دقت کافی برخوردارند (جدول ۶) و نیز مدل نمایی، دارای بیشترین دقت در برآورد نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی است. نتایج

جدول ۶- ارزیابی صحت مدل های بررسی شده در برآورد نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی

تابع	ME	ME <sub>r</sub>	RMSE	RMSE <sub>r</sub>
نمایی	۰/۰۰۱	۰/۲۳۴	۰/۰۱۳	۱/۹۰
لجستیک	-۰/۰۲۴	-۳/۴۵	۰/۰۴۸	۶/۷۱
چاپمن - ریچارد	-۰/۰۲۷	-۳/۸۴	۰/۰۴۴	۶/۲۱

جدول ۷- مقایسه میانگین برآوردی مدل های نسبت تاجی با میانگین اندازه گیری شده

تابع	t	df	معنی داری
نمایی	۰/۰۶۶	۱۶۶	۰/۹۴۷ <sup>ns</sup>
لجستیک	-۸/۲۱	۱۶۶	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>
چاپمن - ریچارد	-۱۰/۶۸	۱۶۶	۰/۰۰۱ <sup>**</sup>

\*\* : اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد؛ ns: نبود اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد.

## بحث

در جنگل‌هایی که هدف اصلی، تولیدات چوبی است، مشخصه‌های قطر برابر سینه و ارتفاع درختان اهمیت دارند، اما از آنجا که جنگل‌های غرب کشور حفاظتی بوده و حفاظت از خاک از اهمیت خاصی در این جنگل‌ها برخوردار است و از طرفی، سطح تاج پوشش درختان از مهم‌ترین عوامل برای دستیابی به این هدف است، بررسی این مشخصه نسبت به دیگر مشخصه‌ها در این جنگل‌ها ضروری است. همان‌طور که بیان شد، تاج درخت مؤلفه‌ای از تولید اولیه خالص و ابعاد آن منعکس‌کننده سلامت درخت است. نسبت تاجی، نسبت طول تاج زنده درخت به ارتفاع آن است. نسبت تاجی اغلب متغیر پیش‌بینی‌کننده مهمی در معادله رویش درخت است (Poapoola & Adesoye, 2012). این شاخص نشان‌دهنده تنومندی درخت است و مشخصه مفیدی در ارزیابی سلامت جنگل به‌شمار می‌رود (McGaughey, 1997). نتایج این بررسی نشان داد که دامنه کم تغییرات مقادیر نسبت تاجی، نشان‌دهنده تراکم کم توده و تولید کم رویشگاه است. در حالی که در پژوهش (Soares & Tome 2001) متغیر نسبت تاجی دامنه وسیعی از تغییرات را شامل است. علت تفاوت در نوع گونه‌ها و جنگل‌های بررسی شده است. همچنین نتایج نشان داد که میانگین مشخصه نسبت تاجی ۰/۷۵ است که به نسبت زیاد است (جدول ۱). تحقیق (Popoola & Adesoye 2012) نشان داد که درختان دارای تنه سیلندری و بلند، نسبت تاجی کوچکی دارند، در حالی که بلوط ایرانی به دلیل شرایط اکولوژیکی منطقه، اغلب دارای تنه کوتاه و تاج گسترده است که سبب شده مقدار نسبت تاجی این درختان بیشتر به دست آید. برآزش و ارزیابی مدل‌ها، بخش مهمی از مدل‌سازی است. نتایج ضریب تبیین نشان داد که تنها مدل‌هایی از ضریب تبیین به نسبت بزرگی برخوردار است (جدول ۴). میانگین نسبت تاجی داده‌هایی که برای اعتبارسنجی مدل‌ها

استفاده شده بود، نشان داد که میانگین نسبت تاجی به دست آمده از مدل‌هایی به میانگین واقعی نزدیک‌تر است. همچنین ضریب تغییرات مشخصه نسبت تاجی مدل‌های مختلف نشان داد که مدل‌هایی برخلاف مدل‌های لجستیک و چاپمن-ریچارد به ضریب تغییرات واقعی نزدیک‌تر است (جدول ۵). همچنین آماره‌های ارزیابی صحت میانگین خطا، میانگین خطای نسبی، جذر میانگین مربعات خطا و جذر میانگین مربعات خطای نسبی نشان داد که همه مدل‌های برآزش شده از دقت کافی در برآورد نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی برخوردارند (جدول ۶). اما نتایج آزمون t جفتی نشان داد که تنها مدل‌هایی اختلاف معنی‌داری با میانگین واقعی که از اندازه‌گیری به دست آمده، ندارد و مدل‌های لجستیک و چاپمن-ریچارد اختلاف معنی‌دار با میانگین واقعی دارند (جدول ۷). با توجه به اینکه مطالعه حاضر تنها مطالعه در زمینه نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی در کشور است، بنابراین امکان مقایسه آن وجود ندارد. (Leites et al. 2009) نشان دادند که مدل لجستیک نسبت به مدل‌هایی از دقت بیشتری در برآورد نسبت تاجی درختان سوزنی‌برگ در جنگل‌های آمریکا برخوردار است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد. از دلایل تفاوت می‌توان به گونه‌های بررسی شده اشاره کرد که از لحاظ تاج پوشش کاملاً با هم تفاوت دارند. مدل‌سازی نسبت تاجی درختان در ذخیره‌گاه جنگلی نیجریه نشان داد که مدل‌هایی و چاپمن-ریچارد نسبت به مدل لجستیک از دقت بیشتری در برآورد نسبت تاجی برخوردارند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (Popoola & Adesoye, 2012). همچنین تحقیق (Fu et al. 2015) با هدف مدل‌سازی نسبت تاجی درختان *Quercus mongolica* در جنگل‌های چین نشان داد که از بین مدل‌های غیرخطی به کاررفته، مدل‌هایی از دقت بیشتری دارد که با نتایج تحقیق حاضر همسوست. برپایه تحقیقی دیگر، مدل لجستیک از دقت کافی برای برآورد نسبت



نسبت تاجی نسبت به دیگر مشخصه‌ها اهمیت بیشتری دارد. در نهایت براساس ارزیابی مدل‌های بررسی شده در تحقیق حاضر، مدل نمایی نسبت به دو مدل لجستیک و چاپمن-ریچارد برای مدل‌سازی نسبت تاجی درختان بلوط ایرانی در جنگل‌های دالاب ایلام پیشنهاد می‌شود.

### سپاسگزاری

مقاله حاضر براساس نتایج طرح تحقیقاتی با عنوان «برآورد و پهنه‌بندی خشکیدگی جنگل‌های بلوط استان ایلام با استفاده از روش‌های مختلف زمین‌آماري و جبری» نوشته شده و توسط صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور حمایت مالی شده است. بدین‌وسیله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور سپاسگزاری می‌شود.

تاجی درختان کاج (*Pinus echinata* Mill.) برخوردار است (Saud et al., 2016) که با یافته‌های تحقیق حاضر اختلاف دارد. از دلایل تفاوت می‌توان به نوع تاج‌پوشش در گونه‌های بررسی شده اشاره کرد. به طوری که تاج‌پوشش درختان سوزنی‌برگ مخروطی است، در حالی که تاج‌پوشش درختان بلوط ایرانی گسترده است. مدل‌های رشد و محصول جنگل ابزارهای تصمیم‌گیری در مدیریت جنگلداری هستند. زمانی که مدل‌ها در پیش‌بینی دقیق‌اند، ارزیابی مفیدی از گزینه‌های جایگزین مدیریتی ارائه می‌دهند. نسبت تاجی ابزاری غیرمستقیم از ظرفیت فتوسنتز درخت است. افزون‌بر این، نسبت تاجی درختان، شاخصی از وضعیت رقابتی درختان در هر توده جنگلی به حساب می‌آید. در توده‌های جنگلی زاگرس که به دلیل حفاظتی بودن این جنگل‌ها مشخصه تاج‌پوشش از اهمیت زیادی برخوردار است، مدل‌سازی

## References

- Bonyad, A.E. (2014). *Sampling Methods in Forest*. University of Guilan Press.
- Bragg, D.C. (2001). A local basal area adjustment for crown width prediction. *Northern Journal of Applied Forestry*, 18(1), 22–28.
- Clutter, J.L., Fotson, J.C., Pienaar, L.V., Brister, G.H., & Bailey, R.L. (1983). *Timber Management: A Quantitative Approach*. John Wiley and sons, New York.
- Erfani Fard, Y., Zobeiri, M., Fegghi, J., & Namiranian, M. (2007). Estimation of crown cover on aerial photographs using shadow index (case study: Zagros Forests, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(3), 278-288.
- Fu, L., Zhang, H., Lu, J., Zang, H., Lou, M., & Wang, G. (2015). Multilevel Nonlinear Mixed-Effect Crown Ratio Models for Individual Trees of Mongolian Oak (*Quercus mongolica*) in Northeast China. *PLOS ONE*, 10(8), e0133294.
- Hasenauer, H., & Monserud, R.A. (1996). A crown ratio model for Austrian forests. *Forest Ecology and Management*, 84, 49–60.
- Johnston, K., VerHoef, J.M., Krivoruchko, K., & Lucas, N. (2001). Using ArcGIS geostatistical analyst. Esri Redlands.
- Kershaw, J.A., Maguire, D.A., & Hann, D.W. (1990). Longevity and duration of radial growth in Douglas-fir branches. *Canadian Journal of Forest Research*, 20, 1690–1695.
- Kozlowski, T., Kramer, P., & Pallardy, S. (1991). *The Physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press, New York.

- Leites, L.P., Robinson, A.P., & Crookston, N.L. (2009). Accuracy and equivalence testing of crown ratio models and assessment of their impact on diameter growth and basal area increment predictions of two variants of the forest vegetation simulator. *Canadian Journal of Forest Research*, 39, 655–665.
- McGaughey, R.J. (1997). Visualizing Forest Stand Dynamics Using the Stand Visualization System. Proceedings of the 1997 ACSM/ASPRS Annual Convention and Exposition. April 7–10. Seattle, pp 248-257.
- Mirzaei, M., & Bonyad, A.E. (2014). Diameter distribution modeling of *Quercus persica* using probability distribution functions in open forests (Case study: Dalab of Ilam province). *Iranian Journal of Forest*, 7(1), 127-136.
- Navratil, S. (1997). Wind Damage in Thinned Stands. In Proceedings of a Commercial Thinning Workshop. October 17–18. Whitecourt, pp 29–36.
- Parma, T., & Shataee, Sh. (2010). Capability study on mapping the diversity and canopy cover density in Zagros forests using ETM+ images (case study Ghalajeh forests, Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest*, 2(3), 231-242.
- Popoola, F.S., & Adesoye, P.O. (2012). Crown ratio models for *Tectona grandis* (Linn. f) stands in Osho forest reserve, Oyo state, Nigeria. *Journal of Forest Science*, 28(2), 63–67.
- Soares, P., & Tomé, M. (2001). A tree crown ratio prediction equation for eucalypt plantations. *Annals of Forest Science*, 58, 193–202.
- Sohrabi, H., & Taheri Sarteshnizi, M.J. (2012). Fitting probability distribution functions for modeling diameter distribution of oak species in pollarded northern Zagros forests (Case study: Armardeh-Baneh). *Iranian Journal of Forest*, 4(4), 333-343.
- Sonmez, T. (2009). Diameter at breast height-crown diameter prediction models for *Picea orientalis*. *African Journal of Agriculture Research*, 4(3): 215–219.
- Sprinz, P.T., & Burkhart, H.E. (1987). Relationships between tree crown, stem and stand characteristics in unthinned loblolly pine plantations. *Canadian Journal of Forest Research*, 17: 534–538.
- Temesgen, H., Lemay, V., & Mitchell, S.J. (2005). Tree crown ratio models for multi-species and multi-layered stands of southeastern British Columbia. *The Forestry Chronicle*, 81(1): 133–141.
- Vafaei, S., Pourhashemi, M., Pirbavaghar, M., & Jafari, E. (2016). Applying artificial neural network and multiple linear regression models for estimation of forest density in Marivan forests. *Iranian Journal of Forest*, 7(4): 539-555.
- Wykoff, W.R., Crookston, N.L., & Stage, A.R. (1982). User's guide to the Stand Prognosis model. USDA, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.



*Research Article*

## **Crown Ration Modelling of *Quercus Brantii* Trees in Dalab Forests of Ilam**

**M. Mirzaei<sup>1\*</sup>, A.E. Bonyad<sup>2</sup>, R. Akhavan<sup>3</sup> and R. Naghdi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> PhD Student in Forestry Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh sara, Iran

<sup>2</sup> Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh sara, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I. R. Iran

(Received: 3 November 2017; Accepted: 4 January 2018)

### **Abstract**

Crown ratio is the ratio of live crown length to the tree height. Crown ratio is a useful indicator for tree vigor, wood quality, wind firmness, stand density. It is also useful in managing many non-timber resources including wildlife habitat and recreation. The objective of the study was to model the crown ratio of oak trees and evaluate the obtained models in natural forests of Ilam province based on nonlinear regression method. For this purpose, 509 hectares of Dalab forests was selected in which 100 circular plots (1000 m<sup>2</sup>) were established as systematic-random sampling pattern with 200 m × 250m dimension. Within each sample plots, such variables as collar diameter, DBH, stem height, total height, crown area, crown length, crown diameter, basal area, tree Slenderness coefficient and crown ratio were measured. In total, 1113 oak trees were measured. Several nonlinear equations including logistics, Chapman Richard and exponential functions were used for crown ratio modelling of oak trees. These functions were evaluated in terms of coefficient of determination ( $R^2$ ), paired t-test, ME, RMSE, ME<sub>r</sub> and RMSE<sub>r</sub>. The results of accuracy statistics showed that all of the models are suitable. But results of  $R^2$  showed that exponential model perform better than other models. Also the results of t-test showed that there is no significant difference between of actual mean and estimated mean of crown ratio derived from exponential models. Therefore, exponential model was selected as the best one to estimate the crown ratio of oak trees in Dalab forests.

**Keywords:** *Quercus brantii*, crown canopy, Zagros forests, nonlinear regression.

