

برآورد موجودی و ارزش اقتصادی ذخیره کربن گونه ارس (*Juniperus excelsa M. Bieb*) در رویشگاه چهارباغ گرگان

محمد مقصود لونزاد^{۱*}، امیراسلام بنیاد^۲، شعبان شتایی^۳

۱. دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۲. استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۳. استاد گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۲

چکیده

افزایش گازهای گلخانه‌ای سبب تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی می‌شود و آثار زیانباری بر حیات انسان روی کره زمین دارد. این در حالی است که جنگل‌ها تأثیر مهمی در ذخیره‌سازی کربن دارند. هدف این پژوهش، تعیین مناسب‌ترین معادلات آلومتریک برای برآورد موجودی ذخیره کربن گونه ارس است. برای مدل‌سازی پس از بررسی نتایج آماربرداری مشخصه‌های کمی (قطر برابر سینه، ارتفاع کل و سطح تاج پوشش) درختان ارس و مشخص شدن دامنه تغییرات قطر برابر سینه، در هر طبقه قطری دست‌کم سه درخت به منظور برداشت نمونه‌های برگ، شاخه، تنه و در مجموع از ۳۵ درخت نمونه برداشت شد. مقدار ذخیره کربن برگ، شاخه، تنه و کل درختان در آزمایشگاه محاسبه شد. معادلات آلومتریک بر اساس مدل‌های رگرسیونی توانی، نمایی و چندجمله‌ای به دست آمد. برای اعتبارسنجی مدل‌ها از معیار ضریب تعیین، انحراف معیار مدل برازش‌یافته، تحلیل رگرسیون و تبعیت توزیع مقادیر باقی‌مانده‌ها از توزیع نرمال استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین متغیرهای مستقل، قطر برابر سینه، سطح تاج و قطر متوسط تاج معادلات با شاخص‌های مدل‌سازی مناسب‌تری تولید کردند. همچنین مدل توانی با $(R^2 = 0.96)$ و چندجمله‌ای با $(R^2 = 0.95)$ از مدل‌های مناسب‌تر بود. ضریب تبیین به دست آمده از مدل‌های رگرسیونی نشان داد که این معادلات آلومتریک برای برآورد ذخیره کربن درختان ارس در منطقه تحقیق مناسب است. همچنین نتایج نشان داد که در هر هکتار از توده جنگلی ارس ۴/۴۲ تن و در کل عرصه تحت مطالعه به مساحت ۳۰۰۰ هکتار، ۱۳۲۶۰ تن کربن توسط قسمت روی زمینی گونه ارس ذخیره شد. بیشترین مقدار ذخیره کربن مربوط به تنه و کمترین مقدار مربوط به برگ است. ارزش اقتصادی حاصل از ذخیره کربن توسط گونه ارس در هر هکتار ۲۵۰۳۴۸۸۰ ریال محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: ارس (*Juniperus excelsa*)، چهارباغ استان گلستان، زی‌توده، معادله آلومتریک.

مقدمه

مقدار انتشار دی‌اکسید کربن، این گاز مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای است [۱]. جنگل، تثبیت‌کننده و ذخیره‌کننده کربن است. گیاهان سبز، کربن اتمسفر را از طریق فتوسنتز ترسیب می‌کنند [۲]. در جنگل‌ها پنج منبع ذخیره کربن، شامل زی‌توده بالای سطح زمین و زیر سطح زمین، چوب‌های

یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی عصر حاضر، گرمایش جهانی در اثر گازهای گلخانه‌ای است. با توجه به

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۳۶۳۰۱۸۵۵۹

گونه از جنبه تصفیه هوا، جذب CO₂ و جلوگیری از فرسایش خاک است.

ورامش و همکاران (۲۰۰۹) مقدار کربن ترسیب‌شده در پارک جنگلی چیتگر تهران را در زی‌توده گونه‌های کاج تهران، سرو نقره‌ای، افاقیا و زبان‌گنجشک برآورد کردند. در این بررسی کاج تهران بیشترین مقدار ترسیب کربن را داشت [۱۰]. پناهی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی زی‌توده و ذخیره کربن برگ گونه بنه در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، به این نتیجه رسیدند که متوسط زی‌توده، ذخیره کربن برگ و مقدار متوسط جذب دی‌اکسید کربن از جو در هکتار به ترتیب ۰/۰۶۹، ۰/۰۲۹ و ۰/۰۹۶ مگاگرم در هکتار است [۱۱]. روستا و همکاران (۲۰۱۳) به برآورد موجودی ذخیره کربن گونه بنه در جنگل تحقیقاتی بنه و بادام فیروزآباد فارس پرداختند. در این بررسی از هر طبقه قطری سه اصله درخت به صورت تصادفی مشخص شد و به دلیل ممنوعیت قطع درختان بنه قسمتی از آنها (یک‌هشتم یا یک‌چهارم) قطع و درصد کربن آنها محاسبه شد. نتایج نشان داد که در هر هکتار از توده جنگلی ۱/۹۹ تن و در کل جنگل ۱۸۶۵۴/۳ تن کربن توسط گونه بنه ترسیب شد [۱۲]. علی‌نژادی و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی به برآورد مقدار زی‌توده و اندوخته کربن فرم‌های مختلف گونه برودار (*brantii Lindl. Quercus*) در توده جنگلی بلوط بلند دهدز پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که متوسط زی‌توده روی زمینی در هر درخت در فرم تک‌پایه، تقریباً ۲۷۷ و برای فرم جست گروه تقریباً ۲۳۰ کیلوگرم تعیین شد. این مقدار در توده جنگلی ۱۸/۲ تن برای فرم تک‌پایه و ۹/۳ تن در هکتار برای فرم جست گروه است [۱۳]. Tekleweini و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی به بررسی زی‌توده روی زمینی گونه ارس (*Juniperus Procera*) در جنوب اتیوپی پرداختند. به منظور مدل‌سازی از متغیرهای قطر برابرسینه و ارتفاع استفاده کردند. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین مدل برای برآورد زی‌توده مدل توانی است [۱۴].

مرده، مواد آلی پوشش کف جنگل و خاک وجود دارد. یکی از اهداف کاهش تخریب جنگل‌ها، حفظ زی‌توده بالای سطح زمین است [۳]. زی‌توده بالای سطح زمین نسبت به دیگر ذخایر کربن در برابر تغییر کاربری سریع‌تر تغییر می‌کند؛ به همین دلیل، تعیین مقدار کربن روی زمین در اکوسیستم‌های جنگلی مورد توجه بسیاری از محققان است. برآورد زی‌توده برای بررسی مقدار ذخیره کربن و پایش ساختار و وضعیت جنگل و برآورد تولید و بررسی حاصلخیزی رویشگاه اهمیت دارد [۴].

اندازه‌گیری مستقیم زی‌توده کل درخت، مخرب، وقتگیر و پرهزینه است؛ همچنین برای مناطق وسیع نمی‌توان توزیع مکانی زی‌توده را تعیین کرد. از این رو عموماً استفاده از معادلات آلومتریکی براساس پارامترهایی همچون قطر برابرسینه، ارتفاع یا تاج درخت مورد توجه بسیاری از محققان و کارشناسان است [۵]. روابط آلومتریکی ابزاری برای برآورد وزن کل درخت یا اندام‌های درخت از طریق متغیرهای مستقلی مانند قطر برابرسینه یا ارتفاع است که در توده قابل اندازه‌گیری هستند [۶]. روابط آلومتریکی در واقع معادلات رگرسیونی هستند که به‌طور مستقیم اندازه‌گیری‌هایی نظیر قطر را به زی‌توده کل درخت تبدیل می‌کنند [۷].

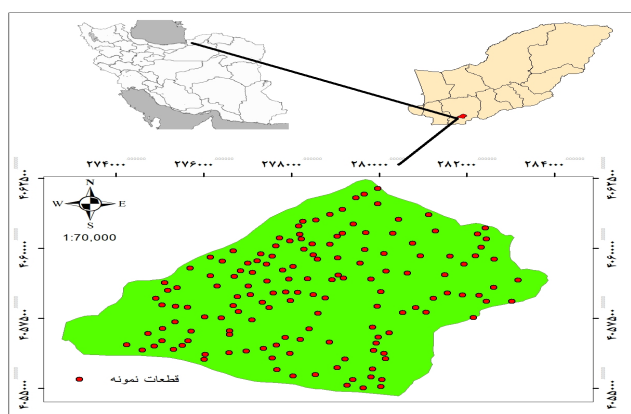
در بسیاری از تحقیقات مقدار میانگین درختان آماری‌شده به‌عنوان درخت متوسط در نظر گرفته می‌شود. این روش مزیت سهولت محاسبه و سادگی متغیرهای مورد اندازه‌گیری را دارد [۸]. از زی‌توده روی سطح زمین مقدار ذخیره کربن مستقیم قابل محاسبه است، به‌طوری که ۵۰ درصد زی‌توده خشک، کربن است [۹]. منطقه چهارباغ گرگان از جمله مناطق و رویشگاه‌های ارس است که گونه ارس با وضعیت به‌نسبت خوبی مستقر شده است. با توجه به اینکه گونه ارس پراکنش مکانی زیادی در ایران دارد، تعیین مقدار کربن ذخیره‌شده در درختان ارس در جنگل‌های کوهستانی این منطقه، معرف جایگاه و اهمیت این

آلومتریکی برای برآورد موجودی ذخیره کربن گونه ارس براساس متغیرهایی که اندازه گیری آنها آسان، غیرمخرب، کم هزینه و سریع است و همچنین نشان دادن اهمیت این گونه از جنبه ارزش اقتصادی و جذب CO₂ است.

مواد و روش ها

منطقه چهارباغ در ارتفاعات بالای دامنه های شمالی البرز و در جنوب شهرستان گرگان قرار دارد. فاصله این منطقه از شهرستان گرگان حدود ۵۰ کیلومتر است. این منطقه کوهستانی در حوزه آبخیز نکارود در عرض جغرافیایی "۳۶°۳۶'۲۷/۸۱" تا "۳۶°۴۱'۰۰/۸۱" و طول جغرافیایی "۵۴°۲۸'۱۹/۹۰" تا "۵۴°۳۵'۱۳/۷۸" بین دو استان گلستان و سمنان واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه ۳۰۵ میلی متر، متوسط دمای سالانه در ارتفاع ۲۲۰۰ متری ۷ درجه سانتی گراد بوده، کمترین درجه حرارت ماهانه در بهمن معادل ۲/۸- درجه سانتی گراد و بیشترین درجه حرارت متوسط ماهانه در مرداد معادل ۱۷/۳ درجه سانتی گراد است. متوسط شیب منطقه ۳۰ درصد، حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۲۸۰۰ متر و مساحت منطقه تحقیق ۳۰۰۰ هکتار است (شکل ۱).

Andrew (۲۰۱۰) مقدار زی توده و کربن ذخیره شده در جنگل پهن برگ و سوزنی برگ Clatsop آمریکا را به ترتیب ۲۸/۱۱ و ۱۳۶/۷ تن در هکتار برآورد کردند [۱۵]. Charlotte (۲۰۱۳) در تحقیقی به بررسی معادلات آلومتریکی برای برآورد زی توده روی زمینی گونه ارس (*Juniperus ashei*) در تکزاس پرداخت. یافته های او نشان داد که معادلات آلومتریکی که براساس قطر برابرسینه و ارتفاع تهیه شد، بهتر از معادلاتی است که براساس ارتفاع درخت، محدوده تاج و حجم تاج توانستند زی توده کل را برآورد کنند [۱۶]. Evrendilek و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی به بررسی مقدار ذخیره کربن سوزنی برگان رویشگاه های مدیترانه ای در ترکیه پرداختند. یافته های آنها نشان داد که مقدار ذخیره کربن گونه *Juniperus excelsa* ۴ تن در هکتار است [۱۷]. با توجه به بررسی منابع صورت گرفته مشخص شد که برای گونه های ارس در ایران با توجه به سطح و پراکنش چشمگیر این گونه، هنوز پژوهشی به منظور تعیین معادلات آلومتریکی برای محاسبه زی توده و کربن ذخیره شده این گونه صورت نگرفته است، بنابراین هدف این پژوهش، تعیین مناسب ترین معادلات



شکل ۱. موقعیت منطقه تحقیق در کشور و استان گلستان

روش نمونه برداری

در منطقه تحقیق، ابتدا ۱۴۰ قطعه نمونه ۱۰ آری به صورت تصادفی پیاده شد و در آن مشخصه‌های کمی درختان نظیر قطر برابر سینه، سطح تاج پوشش و ارتفاع برداشت شد. پس از بررسی نتایج آماربرداری درختان و مشخص شدن دامنه تغییرات قطر برابر سینه، در هر طبقه قطری ۵ سانتی متری حداقل سه درخت به منظور برداشت نمونه‌های برگ و شاخه انتخاب شد [۱۸]. در مجموع از ۳۵ درخت، نمونه برگ و شاخه برداشت شد. به منظور تعیین زی توده درختان، نمونه برداری از برگ و شاخه‌های اصلی (شاخه‌های منشعب از تنه با قطر بزرگ‌تر از ۵ سانتی متر) و فرعی (شاخه‌های با قطر کمتر از ۵ سانتی متر) صورت گرفت. به منظور نمونه برداری از برگ درختان بر حسب بزرگی و کوچکی تاج بین یک‌هشتم تا یک‌چهارم از برگ درختان نمونه گرفته شد. پس از وزن کردن نمونه برداشت شده به کل درخت تعمیم داده شد [۸]. با توجه به ممنوعیت قطع درختان ارس ابتدا قطر بن همه شاخه‌های درخت اندازه‌گیری شد [۱۹]. سپس تاج درخت به سه بخش زیرین، میانی و فوقانی تقسیم شد و با توجه به پراکنش قطری شاخه‌های تاج درخت، سه شاخه از هر درخت به صورت تصادفی انتخاب و قطع شد. شاخه‌های قطع شده به شاخه‌های اصلی و فرعی جداسازی و با دقت ۰/۱ کیلوگرم توزین شدند. رابطه رگرسیونی توانی بین قطر بن شاخه و وزن شاخه‌ها ایجاد شد. سپس قطر بن شاخه‌های اصلی درخت که در مرحله اول اندازه‌گیری شده بود، در معادله رگرسیونی قرار داده شد و وزن شاخه‌ها برآورد و از مجموع آنها برای هر درخت زی توده شاخه‌های درخت برآورد شد. همچنین برای اندازه‌گیری وزن خشک، ۳۵ شاخه اصلی و ۳۵ شاخه فرعی با ضخامت‌های مختلف به طور تصادفی انتخاب و به قطعات ۵ سانتی متری تقسیم و از بین آنها ۳۵ نمونه به طور تصادفی انتخاب شد [۱۸]. به منظور تعیین زی توده تنه درختان از طریق محاسبه زی توده با حجم و چگالی بحرانی چوب تنه، زی توده تنه درختان محاسبه شد

[۱۹]. برای به دست آوردن چگالی بحرانی چوب ارس (یک اصله درخت ارس توسط اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان گرگان در اختیار قرار داده شد). پس از تهیه دیسک‌ها (سه دیسک از پایین تنه، ارتفاع ۱/۳ متر و شروع تاج)، از هر دیسک چهار بلوک مکعب شکل بر اساس استاندارد ISO-3131 با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی متر مکعب تهیه شد. از تقسیم وزن در حالت خشک به حجم، چگالی بحرانی محاسبه شد.

تعیین معادلات زی توده و ذخیره کربن

وزن تر نمونه‌ها بلافاصله در عرصه با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) توزین شد و نمونه‌ها در بسته‌های جداگانه به منظور اندازه‌گیری وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس توزین شدند [۱۸]. پس از مشخص شدن وزن خشک نمونه‌ها وزن خشک سایر اجزای درخت از رابطه محاسبه شد [۱۹].

$$WD_c = \frac{WF_c \times WDS}{WF_s} \quad (1)$$

WDc وزن خشک هر جزء از درخت، WFC وزن تر هر جزء از درخت، WDS وزن خشک هر نمونه و WFS وزن تر هر کدام از نمونه‌هاست. به عبارتی با به دست آوردن نسبت وزن خشک به وزن تر نمونه، اگر این نسبت در وزن تر اندام ضرب شود، کل وزن خشک اجزای درخت به دست خواهد آمد. در نهایت، زی توده شاخه‌های قطع شده با قطر آنها و تعمیم آن به کل شاخه‌ها، زی توده تاج درختان محاسبه شد. به منظور تعیین زی توده تنه درختان از طریق محاسبه زی توده با حجم تنه و چگالی بحرانی چوب تنه، زی توده تنه درختان محاسبه شد [۱۹]. برای تعیین درصد کربن آلی نمونه‌ها، از روش احتراق در کوره الکتریکی استفاده شد. بر این اساس نمونه‌هایی که کاملاً در آون خشک شده بودند، آسیاب شده و از هر کدام ۵ نمونه ۵ گرمی تهیه شد. نمونه‌ها پس از توزین در کوره قرار داده شده و به مدت ۳-۴ ساعت در دمای ۶۰۰-۵۰۰ درجه سانتی گراد سوزانده شدند. نمونه‌های سوخته شده

نتایج و بحث

چگالی بحرانی چوب تنه

مقدار چگالی چوب تنه ۰/۴۶ گرم بر سانتی متر مکعب به دست آمد.

میانگین زی توده درختان ارس

جدول ۱ وضعیت مشخصه‌های کمی درختان ارس را در محل قطعات نمونه در منطقه تحقیق نشان می‌دهد. درختان بررسی شده برای اندازه‌گیری زی توده براساس سطح تاج به پنج طبقه تقسیم شدند. میانگین وزن خشک (زی توده) قسمت‌های مختلف در جدول ۲ مشاهده می‌شود. بیشترین مقدار زی توده در تنه و کمترین آن در برگ وجود دارد.

مقدار ضریب تبدیل کربن و میانگین ذخیره کربن

درختان ارس

نتایج مربوط به ضریب تبدیل زی توده به کربن ذخیره‌شده بخش‌های مختلف درختان ارس و درصد زی توده هر یک اجزای درخت در جدول ۳ نمایش داده شده است. کمترین مقدار ضریب تبدیل وزن خشک به مقدار کربن مربوط به برگ و بیشترین مقدار مربوط به تنه است. حدود ۵۶/۲ درصد از زی توده درختان ارس مربوط به زی توده تنه است. که نشان می‌دهد در درختان ارس در منطقه تحقیق، تنه درختان نقش اصلی را در مقدار زی توده دارد.

درختان بررسی شده برای اندازه‌گیری ذخیره کربن براساس سطح تاج به پنج طبقه تقسیم شدند. میانگین ذخیره کربن قسمت‌های مختلف در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

مدل برآورد ذخیره کربن کل درخت

برازش مدل‌های مختلف برای برآورد ذخیره کربن کل درخت بر مبنای قطر برابر سینه درختان، ارتفاع درخت، سطح تاج و متوسط قطر تاج درختان ارس نشان داد که مدل‌های رگرسیونی توانی و چندجمله‌ای، مدل‌های مناسبی برای برآورد ذخیره کربن درختان ارس هستند (جدول ۵).

پس از خنک شدن در دستگاه دسیکاتور توزین شدند. در این روش کاهش وزن ناشی از احتراق، مقدار ماده آلی را نشان می‌دهد. با تعیین وزن خاکستر و با در دست داشتن وزن اولیه و نسبت کربن آلی به مواد آلی براساس رابطه ۲، میزان ضریب تبدیل کربن آلی برای هر کدام از قسمت‌های درخت به صورت جداگانه محاسبه شد [۷].

$$OC = \frac{1}{2} OM \quad (2)$$

OC کربن آلی و OM مقدار ماده آلی است. برای تحلیل داده‌ها ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. با توجه به نرمال بودن متغیرهای بررسی شده، با استفاده از متغیرهای اندازه‌گیری شده از درختان سرپا، معادلات آلومتریک رگرسیونی بر مبنای حداقل مربعات برازش داده شد. در این تحقیق از مدل رگرسیونی توانی $Y = b_0 x^{b_1}$ ، مدل رگرسیون نمایی $Y = b_0 x^{b_1 x}$ و مدل رگرسیونی چندجمله‌ای $Y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$ استفاده شد. برای اعتبارسنجی مدل‌ها از معیار ضریب تعیین، انحراف معیار مدل برازش یافته استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ صورت گرفت.

محاسبه ذخیره کربن کل توده و مقدار جذب CO₂

بعد از محاسبه زی توده روی زمین کل توده با توجه به محاسبه ضریب تبدیل زی توده به ذخیره کربن گونه ارس، مقدار ذخیره کربن روی زمین ارس برای کل توده محاسبه شد. درختان با جذب اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای یعنی CO₂ و ذخیره آن به صورت کربن در اجزای خود نقش مهمی در کاهش غلظت این گاز دارند. هر تن کربن ذخیره‌شده در درختان، حاصل حذف ۳/۶۷ تن CO₂ از اتمسفر است [۲۰]. در نهایت مقدار جذب CO₂ درختان منطقه تحقیق محاسبه شد. همچنین با توجه به قیمت جهانی کربن یعنی ۴۷/۲ دلار آمریکا به ازای هر تن، ارزش این مقدار کربن ترسیب یافته نیز به دست آمد [۲۱].

جدول ۱. خلاصه وضعیت مشخصه‌های کمی ارس در منطقه تحقیق

مشخصه‌های کمی	حداقل	حداکثر	میانگین
تعداد در هکتار	۴	۱۰۰	۵۰/۳
ارتفاع کل (متر)	۲/۴	۸/۶	۴/۴
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	۹	۵۳	۲۷/۷
سطح تاج پوشش (مترمربع)	۲/۵	۶۶/۱	۲۵/۳
متوسط قطر تاج (متر)	۱/۶	۹/۵	۴/۷

جدول ۲. میانگین زی توده (کیلوگرم) بخش‌های مختلف درختان ارس در طبقات سطح تاج

قسمت درخت	طبقات سطح تاج (مترمربع)				
	>۴۰	۴۰-۳۰	۳۰-۲۰	۲۰-۱۰	<۱۰
برگ	۷/۱۴	۱۹/۱۷	۲۶/۷۱	۳۳/۳۳	۷۴/۷۴
شاخه فرعی	۴/۲	۱۰/۱	۱۰/۹	۲۰/۲	۳۶/۳
شاخه اصلی	۶/۵	۱۸/۳	۲۸/۲	۴۲/۱	۸۵/۲
تنه	۲۱/۱۲	۵۰/۷۲	۹۸/۱۲	۱۴۱/۴۶	۲۷۳/۵
کل درخت	۳۸/۹۶	۹۸/۲۹	۱۶۳/۹۳	۳۷۳/۰۹	۴۶۹/۷۴

جدول ۳. مقدار ضریب تبدیل زی توده به کربن و درصد زی توده اجزای مختلف درختان ارس

اندام	برگ	شاخه فرعی	شاخه اصلی	تنه
ضریب تبدیل	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۹
درصد زی توده	۱۶/۹	۹/۳۵	۱۷/۵۵	۵۶/۲

جدول ۴. میانگین ذخیره کربن (کیلوگرم) بخش‌های مختلف درختان ارس در طبقات سطح تاج

قسمت درخت	طبقات سطح تاج (مترمربع)				
	>۴۰	۴۰-۳۰	۳۰-۲۰	۲۰-۱۰	<۱۰
برگ	۳/۲	۸/۶	۱۲	۱۵	۲/۲
شاخه فرعی	۲	۴/۷	۵/۱	۹/۵	۱۷/۱
شاخه اصلی	۳/۱	۸/۷	۱۳/۴	۱۹/۹	۴۰/۴
تنه	۱۰/۱	۲۴/۳	۴۷	۶۷/۸	۱۳۱
کل درخت	۱۸/۴	۴۶/۳	۷۷/۵	۱۱۲/۲	۱۹۰/۷

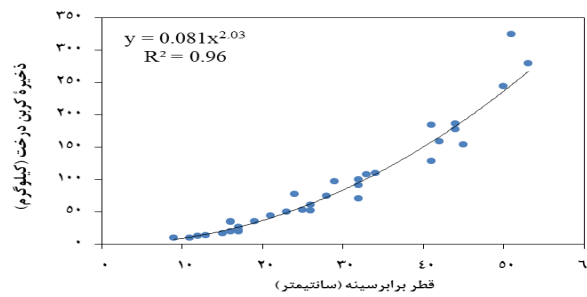
جدول ۵. نتیجه تحلیل رگرسیون برای برآورد ذخیره کربن کل درختان ارس

متغیر مستقل	نوع مدل	R ²	F	Sig.	Std. Error	ضرایب مدل		
						b ₀	b ₁	b ₂
قطر برابر سینه	توانی	۰/۹۶	۸۶۸/۶۴	***	۰/۱۹۵	۰/۰۸۱۳		
	نمایی	۰/۹۲	۴۲۴/۴۶	***	۰/۲۷۴	۶/۹۱		
	چندجمله‌ای	۰/۹۵	۳۲۷/۱۸	***	۱۸/۰۱	۲۱/۴۸	۰/۱۳	
ارتفاع درخت	توانی	۰/۸۱	۱۴۵/۹۴	***	۰/۴۳۷	۰/۹۶		
	نمایی	۰/۷۶	۱۰۵/۸۴	***	۰/۴۹۷	۴/۴۹		
	چندجمله‌ای	۰/۹۱	۱۶۲/۰۸	***	۲۵	-۷۱/۸۷	۲/۵۵	۲۳/۳۵
سطح تاج	توانی	۰/۹۱	۴۸۲/۲۹	***	۱۴/۹۴	۵/۱۷		
	نمایی	۰/۸۹	۲۹۱/۳۹	***	۰/۳۲۴	۰/۰۵۳		
	چندجمله‌ای	۰/۹۶	۴۸۳/۰۱	***	۳۱/۵۸	۳۱/۱۵	۰/۱۳	۱/۱۷
متوسط قطر تاج	توانی	۰/۹۰	۲۹۴/۷۶	***	۰/۳۲۳	۲/۵۶		
	نمایی	۰/۸۴	۱۷۷/۰۷	***	۰/۴۰۴	۷/۳۳		
	چندجمله‌ای	۰/۹۳	۲۳۶/۳	***	۲۱	۱۹/۷	۲/۵۱	۸/۸۹

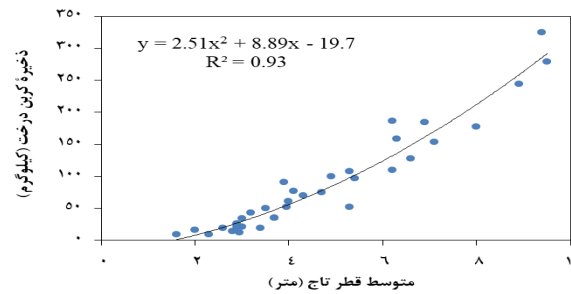
توضیحات: R²: ضریب تبیین، F: آماره تحلیل واریانس، Std. Error: انحراف معیار مدل و ***: معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱

ابر نقاط و منحنی‌های برازش داده‌شده ذخیره کربن درخت برمبنای متغیر مستقل متوسط قطر تاج در شکل ۳ بیان شده است. بهترین مدل برای مدل‌سازی ذخیره کربن با ضریب تبیین (۰/۹۳) مربوط به مدل چندجمله‌ای است. ابر نقاط و منحنی‌های برازش داده‌شده ذخیره کربن درخت برمبنای متغیر مستقل سطح تاج در شکل ۴ بیان شده است. بهترین مدل برای مدل‌سازی ذخیره کربن با ضریب تبیین (۰/۹۶) مربوط به مدل چندجمله‌ای است.

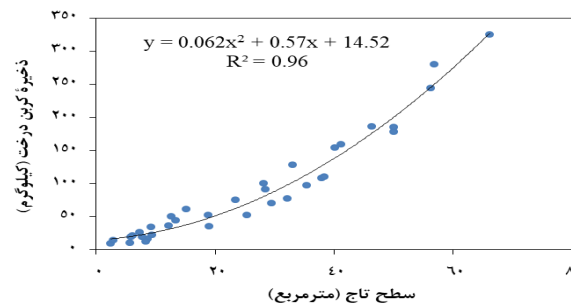
با مقایسه متغیرهای مستقل برای مدل‌سازی ذخیره کربن درخت می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای قطر برابر سینه و سطح تاج و قطر متوسط تاج سهم بیشتری از تغییرات ذخیره کربن درخت را توجیه می‌کند. ابر نقاط و منحنی‌های برازش داده‌شده ذخیره کربن درخت برمبنای متغیر مستقل قطر برابر سینه در شکل ۲ بیان شده است. بهترین مدل برای مدل‌سازی ذخیره کربن با ضریب تبیین (۰/۹۶) مربوط به مدل توانی است.



شکل ۲. ابر نقاط و منحنی رگرسیون برآورد ذخیره کربن کل درختان ارس براساس قطر برابر سینه



شکل ۳. ابر نقاط و منحنی رگرسیون برآورد ذخیره کربن کل درختان ارس براساس متوسط قطر تاج



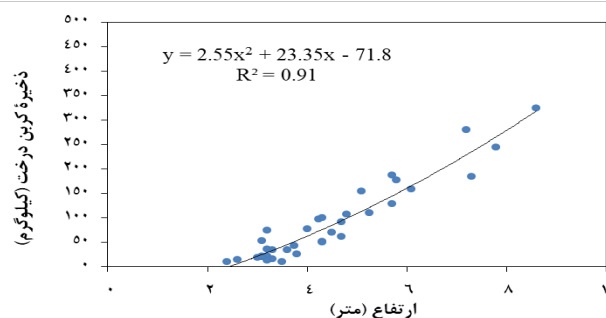
شکل ۴. ابر نقاط منحنی رگرسیون برآورد ذخیره کربن کل درختان ارس براساس سطح تاج

مطالعه (۳۰۰۰ هکتار) میانگین تعداد در هکتار ۵۰ اصله است. جدول ۶ نتایج مربوط به مقدار زی توده و ذخیره کربن درختان ارس را در منطقه تحقیق نشان می‌دهد. همچنین با توجه به قیمت جهانی کربن یعنی ۴۷/۲ دلار آمریکا به ازای هر تن، ارزش این مقدار کربن ترسیب یافته نیز به دست آمد [۲۱].

ابر نقاط و منحنی‌های برازش داده شده ذخیره کربن درخت بر مبنای متغیر مستقل ارتفاع در شکل ۵ بیان شده است. بهترین مدل برای مدل سازی ذخیره کربن با ضریب تبیین (۰/۹۱) مربوط به مدل چندجمله‌ای است.

برآورد مقدار زی توده، ذخیره کربن، مقدار جذب CO_2 و ارزش موجودی کربن

بر اساس نتایج حاصل از آماربرداری در منطقه مورد



شکل ۵. ابر نقاط و منحنی رگرسیون برآورد ذخیره کربن کل درختان ارس بر اساس ارتفاع

جدول ۶. نتیجه برآورد مقدار زی توده، ذخیره کربن، مقدار جذب CO_2 و ارزش موجودی کربن

هر هکتار	کل عرصه	
۹/۳۷	۲۸۱۲۵	زی توده (تن)
۴/۴۲	۱۳۲۶۰	ذخیره کربن (تن)
۱۶/۲۲	۴۸۶۶۴/۲	مقدار جذب CO_2 (تن)
۲۵۰۳۴۸۰	۷۵۱۰۴۶۴۰۰۰	ارزش (ریال)

کربن، متغیر مستقل قطر متوسط تاج مدل رگرسیونی چندجمله‌ای کل مناسب تر است. در این تحقیق، مقایسه درصد کربن موجود در قسمت‌های مختلف درخت نشان داد که بیشترین مقدار کربن در تنه و به میزان تقریبی ۴۹ درصد است که با مقدار به دست آمده در بررسی Losi و همکاران (۲۰۰۳) از نمونه‌های تهیه شده از تنه (۴۸ درصد) مطابقت دارد [۷]. نتایج این بررسی نشان داد که تنه نقش اصلی را در مقدار ذخیره کربن جذب شده درختان ارس دارد. یافته‌های Tekleweini و همکاران [۱۴] در جنوب اتیوپی نشان داد که مناسب ترین مدل برای برآورد زی توده روی زمینی، مدل توانی بر اساس متغیر قطر برابر سینه است

در این تحقیق متغیرهای مختلف شامل قطر برابر سینه، سطح تاج، قطر متوسط تاج و ارتفاع کل درخت به عنوان متغیرهای مستقل برای برآورد ذخیره کربن کل مقایسه شدند. بررسی نشان داد که امکان برقراری رابطه بین ذخیره کربن بخش‌های مختلف درختان ارس با متغیرهای مستقل وجود دارد. نتایج نشان داد که مدل توانی با متغیر مستقل قطر برابر سینه، بهتر می‌تواند مقدار ذخیره کربن درختان ارس را برآورد کند؛ در صورتی که با متغیر مستقل ارتفاع کل مدل رگرسیونی چندجمله‌ای مناسب تر بود. همچنین نتایج نشان داد که بر مبنای متغیر مستقل سطح تاج، مدل رگرسیونی چندجمله‌ای، و برای برآورد ذخیره

نتیجه گیری

گونه ارس، از معدود سوزنی‌برگان باارزش ایران است مناطق وسیعی از کشور، معرف رویشگاه‌های طبیعی آن هستند. این گونه نقش مهمی در حفاظت خاک مناطق خشک کشور دارد، بنابراین آگاهی از مقدار زی‌توده و ذخیره کربن آن اهمیت زیادی در ارزش‌گذاری این نواحی و نیز برنامه‌های مدیریتی خواهد داشت. بر این اساس، صرف‌نظر از دیگر جنبه‌های زیست‌محیطی (حفظ آب و خاک، تولید اکسیژن) و اکولوژیک این گونه ارزشمند در نواحی خشک کشور، خسارت ناشی از قطع هر پایه درخت ارس از جنبه ترسیب کربن شایان ملاحظه است.

که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در این تحقیق مقدار ذخیره کربن در هکتار ۴/۴۲ تن است که با نتایج تحقیق Evrendilek و همکاران روی گونه‌های سوزنی‌برگان مدیترانه‌ای که برای گونه ارس این مقدار را ۴ تن در هکتار بیان کردند، تقریباً همخوانی دارد [۱۷]. درختان با جذب اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای یعنی CO₂ و ذخیره آن به‌صورت کربن در اجزای خود نقش مهمی در کاهش غلظت این گاز دارند. براساس جدول ۶ منطقه مورد بررسی ۴۸۶۶۴/۲ تن جذب دی‌اکسید کربن داشت و ارزش مقدار موجودی کربن ۷۵۱۰۴۶۴۰۰۰۰ ریال برآورد شد.

References

- [1]. Backeus, S., Wikstrom, P., and Lamas, T. (2005). A model for regional analysis of carbon sequestration and timber production. *Forest Ecology and Management*, 216(1-3): 28-40.
- [2]. Kim Phat, N., Knorr, W., and Kim, S. (2004). Appropriate measures for conservation of terrestrial carbon stocks-Analysis of trends of forest management in Southeast Asia. *Forest Ecology and Management*, 191(1-3): 283-299.
- [3]. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., and Wagner F. (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC. Hayama, Kanagawa.
- [4]. Navar, J. (2009). Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 257(2): 427-434.
- [5]. Repola, J. (2008). Biomass equations for birch in Finland. *Silva Fennica*, 42(4):605-624.
- [6]. Komiyama, A., Ong, J. E., and Pongpam, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2): 128-137.
- [7]. Losi, C. J., Siccama, T. G., Condit, R., and Morales, J. E. (2003). Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. *Forest Ecology and Management*, 184(1-3): 355-368.
- [8]. 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.
- [9]. Socha, J., and Wezyk, P. (2007). Allometric equations for estimating the foliage biomass of Scots pine. *European Journal of Forest Research*, 126(2): 263-270.
- [10]. Varamesh, S., Hosseini, S.M., Abdi, N., and Akbarian, M. (2009). Increment of soil carbon sequestration due to forestation and its relation with some physical and chemical factors of soil. *Iranian Journal of Forest*, 2(4): 11-23.

- [11]. Panahi, P., Pourhashemi, M., and Hassani Nejad, M. (2011). Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* in National Botanical Garden of Iran. Iranian Journal of Forest, 3(1): 1-12.
- [12]. Roustafar, T., Fallah, A., and Amirnejad, H. (2013). Estimation of carbon storage for *Pistachio atlantica* Desf. (Case study: Firuzabad Pistachio and Amygdalus forest research, Fars province). Iranian Journal of Forest, 5(2):131-139.
- [13]. Alinejadi, S., Basiri, R., Tahmasebi kohyani, P., Askari, Y., and Moradi, M. (2016). Estimation of biomass and carbon sequestration in various forms of *Quercus brantii* Lindl. stands in Balout Boland, Dehdez. Iranian Journal of Forest, 8(2): 129-138.
- [14]. Tekleweini, G., Ababo, W., Goitom, T., Muhamed, A., and Leakemariam, B. (2019). Total volume and aboveground biomass models for *Juniperus procera* plantation in wondo genet, southern Ethiopia. Open Journal of Forestry, (2019) 9:89-108.
- [15]. Andrew, Y. (2010). Carbon estimating of forest biomass for the Clatsop State Forest, Resources Planning Program, 31 pp.
- [16]. Charlotte, M.R. (2013). Allometric equations for *Ashe juniper* of small diameter. Southwestern Naturalist, 58(3): 359-363.
- [17]. Evrendilek, F., Berberoglu, S., Taskinsu-Meydan, S., and Yilmaz, E. (2006). Quantifying carbon budgets of conifer Mediterranean forest ecosystems, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 119(1-3): 527-543.
- [18]. Bakhtiarvand Bakhtiari, S., and Sohrabi, H. (2012). Allometric equations for estimating above and below-ground carbon storage of four broadleaved and coniferous trees. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(3): 481-492.
- [19]. Snowdon, P., Raison, J., and Eamus, D. (2002). Protocol for sampling tree and stand biomass. Australian Greenhouse Office Publication, 67 p.
- [20]. Niknahad Gharmakher, H., Jafari Foutami, I., and Sharifi, A. (2015). Effects of Grazing Exclusion on Plant Productivity and Carbon Sequestration (Case Study: Gomishan Rangelands, Golestan Province, Iran). Journal of Rangeland Science, 5(2): 122-134.
- [21]. Yazdani, S., and Abbasi, A. (2010). Estimating Economic and Environmental Values of Forests: A Case Study of Kheirood Forest in Novshahr. Journal of Agricultural Economics Research, 2(4): 33-54.

Estimation stock and economic value of carbon storage of *Juniperus excelsa* in Gorgan Chahar Bagh

M. Maghsoudlou Nezhad*; Ph.D Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I.R. Iran

A. Bonyad; Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I.R. Iran

SH. Shataee; Prof., Forestry department, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran

(Received: 26 October 2019, Accepted: 23 December 2019)

ABSTRACT

The increase in greenhouse gases results in climate changes and global warming and adversely affects the life on earth, while forests play a prominent role in carbon storage. The purpose of this study was to determine the most suitable allometric equations for estimating carbon storage in juniper species. For modeling, after examining the statistical results of quantitative characteristics (diameter at breast height, height and canopy area) of juniper trees and determination of amplitude of changes in breast height diameter, samples of leaf, branch, and trunk were collected from at least 3 trees in each class (total of 35 trees). The amount of carbon storage of leaf, branch, trunk and total trees was calculated in the laboratory. Allometric equations were obtained based on power, exponential and polynomial regression models. Coefficient of determination, standard deviation of fitted model, regression analysis, and normal distribution of residual values were used to validate the models. The results showed that the independent variables, diameter at breast height, crown surface and mean diameter of the crown produced equations with better modeling indices. Also, the power model ($R^2 = 0.96$) and polynomials ($R^2 = 0.95$) was more appropriate than the exponential model. The coefficient of explanation obtained from the regression models showed that these allometric equations are suitable for estimating carbon storage of juniper trees in the study area. The results also showed that each hectare of juniper forest stands was 4.42 tonnes and 13260 tonnes of carbon was stored by underground part of the juniper species in the whole study area. The highest amount of carbon storage is in the trunk and the lowest is in the leaf. The economic value of carbon storage by species was calculated as 25034880 Rials per hectare.

Keywords: Allometric equations, biomass, Chaharbagh Province of Golestan, *Juniperus excelsa*.

* Corresponding Author, Email: Mohammad.Maghsoudlou@yahoo.com, Tel: +989363018559