دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هفتم، شماره پانزدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

ارزش‌گذاری اقتصادی میزان ترسیب کربن در مخزن سدهای چومان، کانی‌گویژان و سامانه انتقال آب آن‌ها در استان کردستان

فرج‌الله ترنیان*[1]، علیرضا آملی کندری[2]، معصومه منصوری[2]، زهرا اسدالهی[3] و امیر میرزایی موسی‌وند[1]

[1] استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[2] دانشجوی دکترا رشته جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[3] استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۳۰

چکیده

تلاش برای برآورد ارزش واقعی مجموعه کالاها و خدمات محیط زیستی به ویژه جنگل ها از آنجا ضرورت می‌یابد که هم-اکنون فشارهای گوناگون ناشی از انگیزه‌ها و مقاصد اقتصادی، زمینه‌ساز زوال و نابودی آن‌ها شده است. از این رو این مطالعه تلاش می‌کند تا به بررسی میزان تخریب پوشش گیاهی و کربن آلی تثبیت شده در هر هکتار و ارزش‌گذاری آن با رهیافت هزینه اجتماعی در مخزن سد چومان و کانی‌گویژان و سامانه انتقال آب بین این دو، به عنوان بخشی از مطالعه ارزیابی اثرات زیست محیطی، در استان کردستان بپردازد. در این مطالعه نمونه‌برداری با روش بلوکی تصادفی انجام گرفت و در مخزن سد چومان و کانی‌گویژان تعداد ۱۸ قطعه نمونه ۲۰ در ۶۰ متر و برای سامانه انتقال آب تعداد ۸ قطعه نمونه ۱۰ در ۶۰ متر برداشت گردید. میزان کربن ذخیره‌ای و کربن ترسیب شده با استفاده از فرمول‌های تجربی از روی زی‌توده خشک درختان برآورد گردید. نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن در هر هکتار جنگل در منطقه چومان، کانی‌گویژان و مسیر انتقال آب بین این دو منطقه به ترتیب برابر با ۰/۳۳۶، ۰/۳۷ و ۰/۴۴ تن در هکتار در سال می‌باشد و با در نظر گرفتن ۱۳۲/۱۲ دلار به عنوان هزینه اجتماعی ترسیب هر تن کربن، ارزش ترسیب کربن هر بخش به ترتیب معادل ۴۴/۳۹، ۴۸/۸۸ و ۵۸/۳ دلار در هکتار برای سال ۱۳۹۴ برآورد می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت سالانه ۴۵۴۱۸/۸۹ دلار خسارت در اثر عملیات سدسازی به خاطر تخریب جنگل‌ها و عدم جذب و ترسیب ۳۴۳/۶۷ تن کربن به محیط زیست این منطقه با مساحت ۸۵۲/۴۱ هکتار وارد می‌شود که می‌بایست حداقل با ایجاد جنگل‌کاری و انتخاب گونه مناسب جبران شود.

کلمات کلیدی: ترسیب کربن، سدسازی، هزینه اجتماعی، جنگل‌کاری

*نویسنده مسئول: Tarnian.fa@lu.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

مقدمه

احداث تأسیساتی نظیر سد و شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌تواند باعث تغییرات و تأثیرات مثبت و منفی مستقیم یا غیرمستقیم بر اکوسیستم‌های طبیعی گردد که انجام مطالعات ارزیابی اثرات زیست محیطی[۲] به عنوان یک روش برای شناخت اثرات مثبت و منفی ناشی از یک طرح، ارزشیابی اثرات و تصمیم‌گیری در خصوص آن و ارائه تغییرات، روش‌ها و یا برنامه‌هایی برای مدیریت بهینه اثرات یعنی کاهش اثرات منفی و تقویت اثرات مثبت می‌باشد. بر اساس قوانین زیست محیطی اغلب کشورهای پیشرفته یا در حال توسعه، انجام این مطالعات برای پروژه‌های عمرانی الزامی است و در کشور ما نیز بنا بر مقررات و دستور العمل‌های سازمان حفاظت محیط زیست ایران، انجام مطالعات ارزیابی زیست محیطی برای پروژه‌های سدسازی الزامی می‌باشد. برای ارزیابی اثرات زیست محیطی نیاز به شناخت خدمات اکوسیستمی و همچنین فهم اقتصادی ناشی از آن‌ها است. ارزش اقتصادی بسیاری از تولیدات و خدماتی که عرصه‌های طبیعی در سایه مجموعه پیچیده‌ای از فرآیندهای اکولوژیکی و کارکردهای اکوسیستم به رایگان در اختیار جوامع انسانی قرار می‌دهد، موجب شفافیت و تسهیل فرآیندهای تصمیم‌گیری درزمینه‌ی کاربری اراضی می‌شود و کارآمدتر شدن اقدامات حفاظتی را در پی خواهد داشت (پرون و اسماعیلی، ۱۳۸۹)؛ اما تلاش برای برآورد ارزش واقعی مجموعه کالاها و خدمات محیط زیستی به ویژه جنگل‌ها از آنجا ضرورت می‌یابد که هم اکنون فشارهای گوناگون ناشی از انگیزه‌ها و مقاصد اقتصادی، زمینه‌ساز زوال و نابودی آن‌ها شده است. در سال‌های اخیر اقتصاد دانان عرصه منابع‌طبیعی و اکولوژیست‌ها به ارزش‌گذاری و سنجش نقش منابع جنگلی در تأمین رفاه انسانی پرداخته‌اند که این امر بنیان‌گذار روند تحقیقاتی روبه رشدی است که سعی دارد شناخت ما را نسبت به رابطه بین سیستم‌های اقتصادی، اکولوژیکی و همین‌طور اهمیت منابع جنگلی و راه‌های گوناگون فایده رسانی آن به بشر را گسترش دهد (امیرنژاد و خلیلیان، ۱۳۸۶). به طور کلی هدف ارزش‌گذاری اقتصادی، فراهم آوردن اطلاعاتی است که به تصمیم گیرنده در جهت استفاده کارا از منابع موجود در جهت حداکثر نمودن رفاه جامعه کمک کند. بسیاری از جنبه‌های محیط زیستی برای مردم ارزشمند هستند، اما ارزش آن‌ها در سیستم‌های بازاری منعکس نمی‌شود. به همین دلیل ارزش‌گذاری به عنوان یک ابزار تحلیلی برای تصمیم‌گیری با هدف مقایسه سود و زیان سناریوهای معین تلقی می‌شود. اکوسیستم‌های جنگلی منافع اقتصادی ملموس و ناملموس بسیاری برای بشر فراهم می‌کنند. استفاده از قیمت‌های بازاری برای کارکردهای اکوسیستمی مانند ترسیب کربن دارای دشواری‌های زیادی است. زیرا این خدمات در بازار عرضه نمی‌شوند و ارزش‌گذاری آن‌ها نیاز به رویکردهای متفاوتی دارد. اساس این رویکردها، میزان تمایل به پرداخت می‌باشد. جهت ارزش‌گذاری کارکرد ترسیب کربن بیشتر از

[2] Environmental Impact Assessment (EIA)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

روش‌های هزینه مبنا، نظیر روش هزینه پیشگیری، هزینه جایگزینی، هزینه فرصت اجتماعی نهایی و هزینه اجتناب شده استفاده می‌شود (مبرقعی و همکاران، ۱۳۸۸). در سال‌های اخیر، در ایران نیز تلاش‌هایی در جهت ارزش‌گذاری کارکردها و خدمات برآمده از اکوسیستم‌های جنگلی خصوصاً ترسیب کربن صورت گرفته که نتایج جدیدترین مطالعات توسط پاتو و همکاران (۱۳۹۵) با عنوان ارزش اقتصادی کارکرد ذخیره کربن در کاربری‌های مختلف جنگل‌های زاگرس شمالی در شرق رودخانه زاب کوچک شهر میرآباد از توابع شهرستان سردشت در استان آذربایجان غربی با مساحت ۲۷۳۰/۹۵ هکتار و با روش هزینه‌های جایگزین نشان داد، هر هکتار از کاربری‌های بکر، حفاظتی، بهره‌برداری و باغی به ترتیب از ارزش اقتصادی معادل ۸۹۰، ۴۶۶، ۳۸۰ و ۱۹۰ میلیون ریال (هکتار/ سال) از بعد کارکرد ذخیره کربن برخوردار است. پس‌ازآن نتایج تعیین ارزش اقتصادی کارکرد تنظیم گاز در جنگل‌های بلوط استان لرستان با مساحتی بالغ بر ۲۸۲۹۴ کیلومتر مربع نشان داد که سهم جنگل‌های بلوط این استان در جذب کربن حدود۱۸۷۰۰۰۰ تن و با در نظر گرفتن میانگین قیمت دلار در سال ۱۳۹۳ (۳۲۰۰۰ ریال) ارزش جنگل‌های بلوط استان لرستان ازنظر جذب میزان دی‌اکسید کربن مبلغ ۵۹۸/۴ میلیارد ریال تعیین می‌گردد (منصوری و همکاران، ۱۳۹۶). نواک و همکاران (Nowak et al., 2013) میزان ذخیره کربن در جنگل‌های شهری آمریکا را ۶۴۶ میلیون تن و ارزش آن را ۵۰/۵ میلیارد دلار برآورد کرده‌اند. آن‌ها همچنین میزان ترسیب کربن سالانه این جنگل‌ها را ۲۵/۶ میلیون تن تخمین زده‌اند و ارزش آن را ۲ میلیارد دلار برآورد کرده‌اند. کل جنگل‌های آمریکا ۲۰/۲ میلیارد تن کربن را در خود ذخیره کرده‌اند (Heath et al., 2011). آدگر و همکاران (Adger et al., 1995) با در نظر گرفتن ۲۰ دلار برای هر تن کربن، ارزش جنگل‌های خزان کننده معتدله، خزان‌کننده گرمسیری، همیشه سبز گرمسیری و همیشه سبز معتدله مکزیک را به ترتیب برابر با ۲۰، ۵۶، ۱۰۰ و ۱۰۳ دلار در هکتار در سال برآورد کردند. در مطالعه دیگر توسط جو و همکاران (Guo et al., 2001) در زینگشان چین با در نظر گرفتن ۳۳/۶۳ دلار برای ترسیب هر تن کربن، ارزش این جنگل‌ها ۵۲/۳ دلار در هکتار در سال گزارش شد. از دیگر مطالعات انجام گرفته روی ترسیب کربن و ارزش‌گذاری آن می‌توان به باده‌یان و همکاران (۱۳۹۳ و ۱۳۹۷)، پیرس (Pearce, 2001)، وکز و رحمتیان (Voeks and Rahmatian, 2004)، وان بوکرینگ و همکاران (Van Beukering et al., 2003) اشاره کرد.

اگر چه خدمات اکوسیستمی جنگل‌های زاگرس مانند تولید اکسیژن، تعدیل درجه حرارت، تولید آب، جلوگیری از فرسایش، تأمین زیستگاه و غذا برای حیات وحش و غیره بسیار زیاد هستند اما از آنجا که کارکرد ترسیب کربن مقوله‌ای بسیار مهم است این مطالعه تلاش می‌کند تا میزان ذخیره و ترسیب کربن را از روی زی‌توده گیاه تخمین بزند و در نهایت با رهیافت هزینه اجتماعی میزان خسارات وارده

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

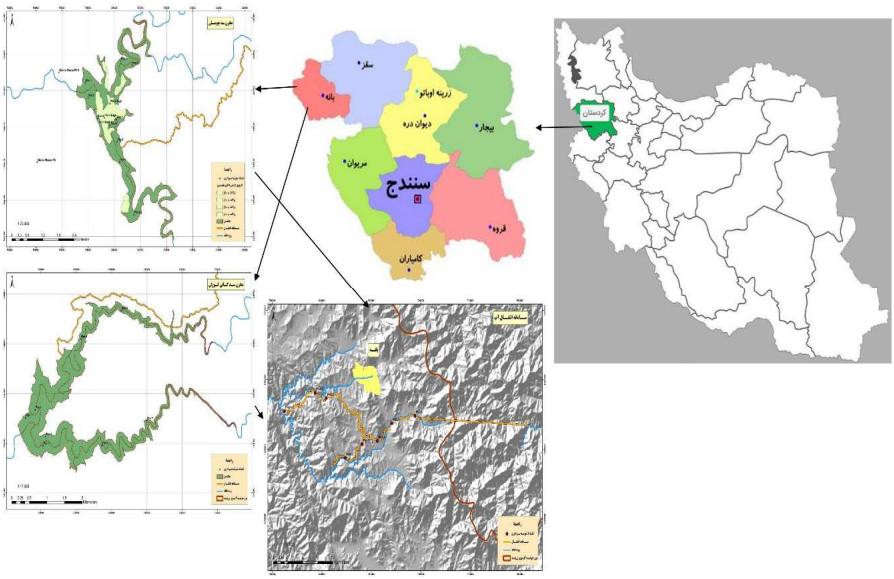
در اثر سدسازی را در مخزن دو سد چومان و کانی‌گویژان و همچنین سامانه انتقال آب این دو سد، برآورد کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

سد چومان در موقعیت طول جغرافیایی ۵۶۱۴۲۹ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۹۷۸۹۱۹ شمالی بر روی رودخانه چومان در شهر آرمرده در استان کردستان واقع شده است. میانگین بارش سالیانه حوضه رودخانه چومان ۶۲۵/۱ میلی‌متر می‌باشد. بر اساس ایستگاه بانه، دمای متوسط ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه محدوده حوضه چومان در محدوده اقلیمی مرطوب سرد واقع شده‌اند. مخزن این سد دارای دو تیپ جنگل با سطح ۳۴۴/۵۱ هکتار و کشاورزی با سطح ۱۰۱/۳ هکتار می‌باشد. منطقه کانی‌گویژان نیز در شمال غرب استان کردستان و ۱۹ کیلومتری جنوب غرب شهرستان بانه و موقعیت جغرافیایی ۵۷۳۵۹۰ متر طول شرقی و ۳۹۶۹۲۷۰ عرض شمالی قرار گرفته است. طبق مطالعات انجام شده میزان بارندگی سالانه در ایستگاه بویین (مبنای سد کانی‌گویژان) به طور متوسط ۷۵۳ میلی‌متر می‌باشد و متوسط دمای آن ۱۲/۳ درجه سانتی‌گراد است. محدوده ساختگاه سد کانی‌گویژان بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم مرطوب سرد قرار دارد. این مخزن دارای تیپ جنگل با سطح ۳۶۳/۹ هکتار می‌باشد. به طور کلی مساحت سامانه انتقال آب برابر با ۴۲/۷ هکتار است. شکل ۱ موقعیت مناطق مورد مطالعه را در سطح ایران و استان کردستان نشان می‌دهد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه در ایران و استان کردستان

روش تحقیق

برای برآورد کربن ذخیره شده ابتدا با جنگل گردشی محل توده‌ها و تراکم تقریبی هر توده در هر مخزن مشخص سپس از روش نمونه‌برداری بلوکی تصادفی استفاده شد (زبیری ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴). در منطقه مورد مطالعه، با توجه به اصل بلوک بندی و با توجه به همگن بودن ساختار پوشش گیاهی، مساحت بلوک‌ها متغیر در نظر گرفته شد. با توجه به نحوه قرارگیری دامنه‌ها و تراکم تقریبی گونه‌های گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدید میدانی، ۱۰ بلوک برای مخزن سد چومان و ۸ بلوک برای مخزن سد کانی گویژان که دارای تیپ گیاهی برو (*Quercus persica*) - مازو (*Quercus infectoria*) بودند، تشخیص داده شد. از آنجایی‌که هر بلوک دارای ساختار پوشش گیاهی تقریباً یکسانی می‌باشد، به صورت تصادفی در هر بلوک، یک قطعه نمونه ۱۲۰۰ متر مربعی (۶۰×۲۰) برداشت گردید و فاکتورهایی از قبیل نوع گونه، قطر برابر سینه، ارتفاع درخت، تعداد شاخه‌های درخت و تراکم درختان اندازه‌گیری شد. در مخزن سد چومان کاربری کشاورزی وجود داشت که گردو گونه غالب آن بود و در این تیپ از ۴ قطعه نمونه همانند فوق استفاده شد و فاکتورهای ذکر شده در بالا یادداشت گردید. پوشش گیاهی موجود در مسیر سامانه انتقال آب از تیپ‌های مختلف تشکیل شده است. برای برآورد کربن ذخیره شده در مسیر انتقال آب ابتدا با جنگل گردشی محل رد شدن مسیر سامانه انتقال

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

آب با جی‌پی‌اس[3] مشخص شد و تعداد ۸ قطعه نمونه ۶۰×۱۰ متری در طول مسیر برداشت شد. لازم به ذکر است در مطالعات از قطعات نمونه مختلف از ۴۰۰ تا ۶۷۰ متر مربعی استفاده‌شده است (Nowak et al., 2013). مک‌دیکن (MacDicken, 1997) پلات‌های با اندازه‌های مختلف از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مربعی را به‌ترتیب برای جوامع با پوشش گیاهی خیلی متراکم تا جوامع خیلی باز پیشنهاد داده‌اند. از آنجایی‌که پوشش گیاهی مخزن سدها باز بود، در این مطالعه از سه قطعه نمونه ۴۰۰ متر مربعی پشت سر هم که مجموعاً ۱۲۰۰ مترمربع می‌باشد، برای مخزن سدها استفاده شد. برای سامانه انتقال آب که حالت خطی دارد از پلات‌های کوچک‌تر به عرض جاده‌سازی و کانال آب که ده متر است و طول ۶۰ متر استفاده شد.

محاسبه میزان زی‌توده (بایومس) و کربن ذخیره شده درخت (ریشه و تنه)

مهم‌ترین روش عملی برای اندازه‌گیری میزان ذخیره کربن و همچنین ترسیب کربن در گیاه استفاده از فرمول‌های تجربی می‌باشد. در این فرمول‌ها از زی‌توده گیاهی برای تخمین میزان ذخیره و ترسیب کربن درختان استفاده می‌شود. مهم‌ترین فاکتورهایی که محققان مختلف برای اندازه‌گیری زی‌توده مورد استفاده قرار داده‌اند شامل ارتفاع درخت، قطر برابر سینه و چگالی ویژه چوب می‌باشد (Subedi et al., 2010; Nowak and Crane, 2002; Nowak et al., 2013). در این مطالعه پس‌از اندازه‌گیری ارتفاع کل (H) و قطر برابر سینه (DBH) درختان در قطعه نمونه‌های ۱۲۰۰ و ۶۰۰ متر مربعی، مقدار زی‌توده درختان با استفاده از رابطه ۱ و ۳ محاسبه و سپس با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۴ تبدیل به مقدار کربن آلی ذخیره شده درخت گردید (Subedi et al., 2010) و در نهایت با توجه به رویش سالانه جنگل‌های زاگرس مقدار کربن ذخیره شده تبدیل به مقدار کربن ترسیب شده در سال گردید. پس‌ازآن مقدار کربن ترسیب شده در سال ارزش‌گذاری گردید.

روابط مورد استفاده برای اندازه‌گیری زی‌توده و میزان ذخیره کربن آلی در پیش رو آمده است (Subedi et al., 2010).

رابطه ۱ $AGTB=0/112\times(\rho D^2H)^{0/916}$

رابطه ۲ $C(AGTB) = AGTB\times$ درصد کربن آلی

$(AGTB)$[4]: زی‌توده بالای سطح زمین درخت (کیلوگرم)، ρ: دانسیته ویژه چوب (گرم بر سانتی‌متر مکعب) که از تقسیم وزن خشک چوب بر حجم‌تر گیاه به دست می‌آید. D: قطر درخت در ارتفاع برابر سینه (سانتیمتر)، H: ارتفاع درخت (متر). C (AGTB)، Carbon in above-ground tree biomass: ذخیره کربن در زی‌توده بالای سطح زمین درخت. از رابطه ۳ میزان زی‌توده اندام‌های

[3] Global Position System
[4] Abve-ground tree biomass

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

زیر زمینی (BB)[5] برحسب کیلوگرم و رابطه ۴ برای تخمین میزان کربن ذخیره‌ای در اندام‌های زیر زمینی استفاده شد (Subedi et al., 2010):

رابطه ۳ $BB= AGTB\times 20\%$

رابطه ۴ $C(BB) = BB \times$ درصد کربن آلی

C (BB)، Carbon in below-ground biomass: ذخیره کربن در اندام‌های زیر زمینی درخت برحسب کیلوگرم.

کربن ذخیره شده در حجم سرپا و ریشه به شرح زیر حاصل می‌شود:

رابطه ۵ $C(B)= C(AGTB) + C(BB)$

C(B)، Carbon in Biomass: نشان‌دهنده کل کربن ذخیره شده در یک درخت برحسب کیلوگرم می‌باشد.

اندازه‌گیری دانسیته ویژه چوب درخت

برای اندازه چگالی چوب از هرگونه درختی تعداد ۳ نمونه به آزمایشگاه منتقل و نمونه‌ها در استوانه مدرج قرار داده شدند و تغییر حجم آب ثبت گردید و پس از خشک‌کردن آن‌ها در آون وزن نمونه مورد نظر اندازه‌گیری شد و در نهایت با استفاده از رابطه زیر چگالی چوب گونه مورد نظر محاسبه شد (Henry et al., 2010):

رابطه ۶ $\rho =W/V$

ρ : دانسیته ویژه چوب (گرم بر سانتی‌مترمکعب)، W: وزن خشک برحسب گرم، V: حجم تر چوب برحسب سانتی‌مترمکعب

اندازه‌گیری درصد کربن آلی

ابتدا نمونه‌های گیاهی توزین و سپس نمونه‌های تر در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت به طور کامل خشک شدند. سپس وزن خشک هر نمونه به طور جداگانه ثبت شد. پس از آسیاب نمونه‌های خشک، درصد کربن آلی نمونه‌های گیاهی بـه روش احتـراق در کـوره الکتریکی با درجه حرارت ۳۸۵ درجه سانتی‌گراد در مدت ۲۴ ساعت تعیین شد. خاکستر نمونه‌ها پس از خارج شدن از کوره الکتریکی توزین شد. اختلاف وزن اولیه و ثانویه، مقدار ماده آلی را نشان می‌دهد به طوری‌که تقریباً نصف ماده آلی را کربن آلی تشکیل می‌دهد (Birdsey, 1992).

رابطه ۷ $OC= ٪۵۰ OM$

مقدار کربن آلی =[۶](OC)، مقدار ماده آلی=[۷](OM)

[5] Below ground biomass
[6] Organic carbon

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

از تقسیم مقدار کربن آلی بر مقدار ماده آلی ضربدر ۱۰۰، درصد کربن آلی به‌دست می‌آید.

میزان رشد گونه‌های مختلف بلوط در زاگرس

بلوط ایرانی اصلی‌ترین گونه رویش یافته در جنگل‌های زاگرس می‌باشد. جدول ۲ ترکیب اصلی گونه‌های زاگرسی را به‌خوبی نشان می‌دهد. مطالعات مختلفی روی رویش قطری گونه‌های بلوط در جنگل‌های زاگرس انجام گرفته است. به عنوان‌مثال در مطالعه‌ای که توسط غضنفری و همکاران (۲۰۰۴) در زاگرس شمالی عمدتاً بر روی گونه وی‌ول (*Quercus libani*) انجام شد، میزان رشد ۲/۳ درصد برای متوسط قطر ۲۲/۵ سانتی‌متر را نشان می‌دهد. در مطالعه دیگر توسط غضنفری و همکاران (۱۳۸۴) که روی گونه وی‌ول (*Q. libani*) در منطقه هواره خول استان کردستان انجام گردیده است، میزان رشد ۲/۲، ۱/۷ و ۱/۴ درصد به ترتیب برای درختان با قطر ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر را نشان می‌دهد. در این مطالعه رشد قطری ۳/۵ میلی‌متر در سال را گزارش داده‌اند که با گزارش تابان (۱۳۶۸) در مورد گونه برودار (*Q. brantii*) با رشد قطری ۴ میلی‌متر در سال در کرمانشاه و همچنین گزارش عسکری و همکاران (۱۳۹۶) در مورد گونه‌های تک‌پایه برودار (*Q. brantii*) با متوسط رویش شعاعی ۲/۰۲ میلی‌متر در دهدز (شمال شرق استان خوزستان) و باشت (استان کهگیلویه و بویر احمد) و فلاحی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی گونه *Q. Infectoria* بارویش قطری ۳/۴۷ میلی‌متر در سال در منطقه سردشت مطابقت دارد. در مطالعه عسکری و همکاران (۱۳۹۶) میزان رویش هر درخت تک‌پایه برودار (*Q. brantii*) را ۷/۲ کیلوگرم در سال بیان کرده‌اند و با توجه به قطر برابر سینه که در منطقه مورد مطالعه برای برودار برابر با ۲۰/۶۶ سانتی‌متر و با توجه به فرمول رشد ارائه‌شده توسط عسکری و همکاران (۱۳۹۶) رشد سالانه ۲/۵ درصدی مورد انتظار است. متوسط قطر برابر سینه سه گونه بلوط مورد مطالعه که گونه‌های غالب زاگرس را تشکیل می‌دهند برابر با ۲۵/۳۹ سانتی‌متر می‌باشد و با توجه به فرمول ارائه‌شده توسط عسکری و همکاران (۱۳۹۶) میزان رشد ۱/۷۳ درصد به‌دست می‌آید. با توجه به مرور منابع انجام شده در مورد میزان رشد گونه‌های بلوط و با توجه به قطر متوسط درختان مناطق مورد بررسی که همه کند رشد هستند، میزان رویش سالانه ۱/۷۳ درصد در نظر گرفته شد.

ارزش‌گذاری کارکرد اکوسیستمی ترسیب کربن

ترسیب و ذخیره کربن توسط جنگل‌ها ازاین‌جهت مهم است که درختان گاز دی‌اکسید کربن که باعث گرمایش جهانی می‌شود را گرفته و در بافت‌های خود ذخیره می‌کنند. این فرآیند ترسیب کربن نامیده می‌شود. بنابراین ترسیب کربن باعث می‌شود که مقدار دی‌اکسید کربن موجود در جو کاهش

[7] Organic matter

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

پیدا کند و درنتیجه باعث کاهش اثرات تغییرات اقلیمی می‌شود. کاهش این اثرات منفی بر روی انسان‌ها و همچنین سیاره زمین، سود اقتصادی کربن ذخیره شده توسط جنگل را فراهم می‌کند. رودیوم گروپ (Rhodium Group, 2014) بعضی از خسارت‌های اقتصادی حاصل از تغییرات اقلیمی را در آمریکا مورد بحث قرار داده‌اند. این خسارات شامل افزایش هزینه‌های سرمایشی به خاطر افزایش درجه حرارت، خسارات به دارایی‌ها از طریق سیل‌ها و توفان‌های خیلی شدید، کاهش محصولات کشاورزی به دلیل خشکسالی و افزایش هزینه‌های نگهداری آب به دلیل کاهش توده‌های برف، می-باشند. با توجه به اینکه ارزش کربن ذخیره شده به‌عنوان هزینه اجتماعی اجتناب شده[8] تخمین زده می‌شود، ارزش یک‌تن دی‌اکسید کربن ترسیب شده معمولاً به عنوان هزینه‌های اجتماعی کربن[9] بیان می‌شود. ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۰۹ یک سازمان بین گروهی را ایجاد کرد تا هزینه‌های اجتماعی کربن را تخمین بزنند. این سازمان تخمین‌های خود را بر اساس هزینه‌های اجتماعی کربن در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۳، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ به‌روز کرده است (Bluffstone et al., 2017) و مبنای مطالعات ارزش‌گذاری ترسیب کربن قرار گرفته‌اند (Nowak et al., 2013؛ Bluffstone et al., 2017). در این مطالعه میزان ترسیب کربن برای سال ۲۰۱۵ (۱۳۹۴ خورشیدی) و ۲۰۲۰ (۱۳۹۹ خورشیدی) ارزش‌گذاری شده است. ارزش هر تن دی‌اکسید کربن برای سال ۲۰۱۵ برای نرخ تنزیل ۳ درصد و ارزش دلار ۲۰۰۷ برابر با ۳۶ دلار (یا ۱۳۲/۱۲ دلار در هر تن کربن) (Interagency Working Group, 2016) و برای سال ۲۰۲۰ با نرخ تنزیل ۳ درصد و ارزش دلار ۲۰۱۷ برابر با ۵۰ دلار در هر تن دی‌اکسید کربن (یا ۱۸۳/۵ دلار در هر تن کربن) (Interagency Working Group, 2016؛ Paul et al., 2017) می‌باشد.

نتایج

برآورد مقادیر چگالی ویژه چوب و درصد کربن آلی: چگالی چوب و درصد کربن آلی مربوط به گونه‌های مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد چگالی چوب گونه-های مختلف از ۰/۷۱ تا ۰/۸۳ گرم بر سانتی‌مترمربع متغیر است و درصد کربن بیشتر گونه‌ها ۰/۴۹ است و تنها گونه دارمازو برابر ۰/۴۸ درصد است.

[8] Avoided social costs
[9] Social cost of carbon

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

جدول ۱- درصد کربن آلی و چگالی چوب گونه‌های مختلف

گونه	چگالی (گرم بر سانتی‌مترمربع)	درصد کربن
Q. libani	۰/۸۱	۰/۴۹
Crataegus monogyna	۰/۷۸	۰/۴۹
Pistacia atlantica	۰/۸۳	۰/۴۹
Q. infectoria	۰/۷۶	۰/۴۸
Q. persica	۰/۷۱	۰/۴۹

تراکم گونه‌ای در مخزن سد چومان، کانی گویژان و سامانه انتقال آب آن‌ها: تراکم گونه برودار (*Q. persica*) ۵۸ پایه در هکتار و گونه دارمازو برابر با ۳۳ گونه در هکتار در مخزن سد چومان می‌باشد. بیشترین تراکم گونه‌ای در کانی گویژان به گونه برودار (*Q. persica*) با تعداد ۳۷ گونه در هکتار و کمترین آن مربوط به گونه کیکم (*Acer monspessulanum*) می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲ - تراکم گونه در هکتار در مخزن سد چومان و کانی گویژان

گونه	سد چومان	سد کانی گویژان
Q. persica	۵۸	۳۷
Q.infectoria	۳۳	۳۰
Prunus sp.	۱۳	-
C. monogyna	۸	۹
P. atlantica	۴	۱۷
Acer monspessulanum	۱	-
Fraxinus rotundifolia	-	۱۳
Q. libani	-	۱۱
Daphne mucronata	-	۶
Pyrus communis	-	۵
Salix sp.	-	۴
Rosa sp.	-	۲

زی‌توده، کربن ذخیره‌ای، ترسیب کربن و ارزش‌گذاری ترسیب کربن در مخازن سدها و سامانه انتقال آب: اگر تیپ اراضی کشاورزی در مخزن سد چومان را مستثنی کنیم، بیشترین میزان زی‌توده مربوط به سامانه انتقال آب با ۵۱/۸ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به تیپ جنگلی مخزن سد چومان با ۳۹/۹۶ تن در هکتار می‌باشد (جدول ۳). بنابراین بیشترین کربن ذخیره‌ای نیز مربوط به سامانه انتقال

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

آب با ۲۵/۱۸ تن در هکتار با ارزش ۳۳۲۶/۸ دلار در هکتار برای سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵ میلادی) و کمترین آن مربوط به مخزن سد چومان با ۱۹/۴۵ تن در هکتار با ارزش ۶۶۹۹/۴ دلار در هکتار برای سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵ میلادی) می‌باشد. به طور کلی ارزش میزان کربن ذخیره‌ای کل برابر با ۲۶۲۵۴۶۱ دلار برای سال ۱۳۹۴ و ۳۶۴۶۴۷۳ دلار برای سال ۱۳۹۹ (۲۰۲۰) می‌باشد. به همین ترتیب میزان ترسیب کربن در سامانه انتقال آب با ۰/۴۴ تن در هکتار بیشترین و کمترین آن با ۰/۳۳۶ تن در هکتار

جدول ۳- نتایج زی‌توده، کربن ذخیره‌ای، ترسیب کربن و ارزش‌گذاری ترسیب کربن در مناطق مورد مطالعه

فاکتور بررسی‌شده	مخزن سد چومان (تیپ جنگلی)	مخزن سد چومان (تیپ کشاورزی)	مخزن سد کانی‌گویژان)	سامانه انتقال آب
زی‌توده (تن در هکتار)	۳۹/۹۶	۹۰/۵۴	۴۳/۷۳	۵۱/۸
زی‌توده کل (تن)	۱۳۷۶۵/۶	۹۱۷۲/۱۱	۱۵۹۱۳/۳۴	۲۲۱۱/۸۶
کربن ذخیره‌ای (تن در هکتار)	۱۹/۴۵	۴۲/۵۵	۲۱/۴۰	۲۵/۱۸
کربن ذخیره‌ای کل (تن)	۶۶۹۹/۴	۴۳۱۰/۷	۷۷۸۶/۳۶	۱۰۷۵/۳۳
ارزش‌گذاری کربن ذخیره‌ای (دلار در هکتار در سال برای سال ۱۳۹۴)[×]	۲۵۶۹/۷	۵۶۲۱/۷	۲۸۲۷/۴	۳۳۲۶/۸
ارزش‌گذاری کربن ذخیره‌ای (دلار در هکتار در سال برای سال ۱۳۹۹)[×]	۳۵۶۹/۱	۷۸۰۷/۹	۳۹۲۶/۹	۴۶۲۰/۵
ارزش‌گذاری ذخیره کربن کل (برحسب دلار برای سال ۱۳۹۴)	۸۸۵۱۲۴/۷	۵۶۹۵۲۹/۷	۱۰۲۸۷۳۳/۹	۱۴۲۰۷۲/۶
ارزش‌گذاری ذخیره کربن کل (برحسب دلار برای سال ۱۳۹۹)	۱۲۲۹۳۳۹/۹	۷۹۱۰۱۳/۵	۱۴۲۸۷۹۷/۱	۱۹۷۳۲۳/۱
ترسیب کربن (تن در هکتار در سال)	۰/۳۳۶	۰/۷۴	۰/۳۷	۰/۴۴
ترسیب کربن کل (تن در سال)	۱۱۵/۹۰	۷۴/۵۷	۱۳۴/۷	۱۸/۶۰
ارزش‌گذاری ترسیب کربن (دلار در هکتار در سال برای سال ۱۳۹۴)	۴۴/۳۹	۹۷/۷۶	۴۸/۸۸	۵۸/۱۳
ارزش‌گذاری ترسیب کربن (دلار در هکتار در سال برای سال ۱۳۹۹)	۶۱/۶۵	۱۳۵/۷۹	۶۷/۹	۸۰/۷۴
ارزش‌گذاری ترسیب کربن کل (برحسب دلار برای سال ۱۳۹۴)	۱۵۳۱۲/۷	۹۸۵۲/۱۹	۱۷۷۹۶/۵۶	۲۴۵۷/۴۳
ارزش‌گذاری ترسیب کربن کل (برحسب دلار برای سال ۱۳۹۹)	۲۱۲۶۷/۶۵	۱۳۶۸۳/۶۰	۲۴۷۱۷/۴۵	۳۴۱۳/۱

[×] ارزش هر تن کربن برابر با ۱۳۲/۱۲ دلار برای سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵ میلادی) و ۱۸۳/۵ دلار برای سال ۱۳۹۹ (۲۰۲۰ میلادی) در نظر گرفته شده است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

مربوط به تیپ جنگلی مخزن سد چومان می‌باشد. این مقدار ترسیب کربن برای سامانه انتقال آب ارزشی برابر با ۵۸/۱۳ دلار و برای تیپ جنگلی مخزن سد چومان ارزشی برابر با ۴۴/۳۹ دلار در هکتار در سال برای سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵ میلادی) دارد. میزان خسارات وارده از طریق سدسازی فقط بر اساس ارزش‌گذاری ترسیب کربن در سال ۱۳۹۴ برای سد چومان، کانی گویژان و سامانه انتقال آب برابر با ۲۵۱۶۴/۸۹، ۱۷۷۹۶/۵۶ و ۲۴۵۷/۴۳ دلار می‌باشد (جدول ۳). به طور کلی میزان خسارت وارده از طریق سدسازی برابر با ۴۵۴۱۸/۸۹ و ۶۳۰۸۱/۸ به ترتیب برای سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۹ (۲۰۲۰ میلادی) تخمین زده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

رایج‌ترین روش برای اندازه‌گیری کربن ذخیره‌ای و ترسیب کربن، اندازه‌گیری زی‌توده می‌باشد (Sedjo and Sohngen, 2012). تقریباً نصف زی‌توده خشک، کربن آلی می‌باشد (Smith et al., 2003). در این مطالعه میزان کربن آلی بر اساس گونه از ۴۸ تا ۴۹ درصد متغیر بود. مقدار زی‌توده از ۳۹/۹۶ تا ۵۱/۸ تن در هکتار در تیپ‌های جنگلی متفاوت بود. تفاوت در مقدار زی‌توده می‌تواند ناشی از اندازه درخت، سلامت درخت و نرخ رشد گونه مربوطه و شرایط رویشگاهی باشد. در طرح ذغال‌گیری مریوان در وسعت هزار هکتار، حداقل موجودی بالای سطح زمین ۲۳ مترمکعب در هکتار و حداکثر آن ۴۶/۸ متر مکعب در هکتار تخمین زده شد (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی ۱۳۸۲). مروی مهاجر (۱۳۸۴) حجم سر پای توده‌های جنگلی در زاگرس را به طور متوسط بین ۳۰ تا ۵۰ مترمکعب ذکر کرده است. با توجه به چگالی متوسط زی‌توده که ۰/۷۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد، مقادیر به دست آمده برای زی‌توده بالای سطح زمین، کم‌وبیش با هم مطابقت دارند (زی‌توده بالای سطح زمین ۸۰ درصد ۳۹/۹۶ و ۵۱/۸ تن در هکتار می‌باشد). میزان کربن ذخیره‌ای از ۱۹/۴۵ تا ۲۵/۱۸ تن در هر هکتار برای تیپ‌های جنگلی و ۴۲/۵۵ تن در هکتار برای تیپ کشاورزی متفاوت بود. این مقادیر با نتایج به دست آمده توسط پاتو و همکاران (۱۳۹۵) برای جنگل‌های زاگرس شمالی همخوانی ندارد. مقادیر به دست آمده توسط آن‌ها برابر با ۲۵۸ و ۳۵ تن کربن ذخیره‌ای در زی‌توده در هکتار برای مناطق بکر و حفاظتی بود. مقدار ۲۵۸ تن کربن ذخیره‌ای در زی‌توده مقدار بسیار بالایی را نشان می‌دهد. هیث و همکاران (Heath et al., 2011) میزان کربن ذخیره‌ای در جنگل‌های مدیریت‌شده آمریکا را ۷۲/۴ تن در هکتار ذکر کرده‌اند. در این رابطه نواک و همکاران (Nowak et al., 2013) مقدار ذخیره کربن در جنگل‌های شهری آمریکا را ۷۶/۹ تن در هکتار در پوشش تاجی درخت ذکر کرده‌اند که مقداری بزرگ‌تر از ۱۰۰ درصد پوشش تاجی می‌باشد. محققان مختلف کربن ذخیره‌ای در گیاه را ارزش‌گذاری کرده‌اند (Nowak et al., 2013؛ پاتو و همکاران ۱۳۹۵؛ بادەیان و همکاران ۱۳۹۷) که ممکن است به

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

این دلیل باشد که این مقدار کربن ذخیره شده پتانسیل تبدیل به گاز دی‌اکسید کربن از طریق تجزیه و یا روش‌های دیگر را دارا می‌باشد. سدسازی باعث حذف کامل پوشش گیاهی می‌شود و در صورت عدم برداشت چوب، باعث مدفون شدن این حجم چوب و تجزیه‌ی بخش قابل‌توجهی از آن می‌شود. مقدار کل کربن ذخیره‌ای برابر با ۱۵۵۶۱/۱ تن در کل سطح تحت تأثیر سدسازی است که ارزش آن برابر با ۲۶۲۵۴۶۱ دلار برای سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵ میلادی) می‌باشد. بعضی از محققان ذخیره کربن در زی‌توده و خاک را باهم جمع زده‌اند و برای یک سال ارزش‌گذاری کرده‌اند (بادەیان و همکاران ۱۳۹۳ و ۱۳۹۷؛ پاتو و همکاران ۱۳۹۵) که به نظر می‌رسد نیاز به بازبینی و تحلیل داشته باشند. چراکه میزان کربن ذخیره شده در زی‌توده طی سن گیاه در گونه درختی ذخیره شده است و میزان کربن ذخیره‌ای در خاک طی سال‌های متمادی در خاک ذخیره شده است (جعفری و همکاران ۱۳۹۸) و نمی‌توان آن را برای یکسال در نظر گرفت. میزان ترسیب کربن از ۰/۳۳۶ تن در هکتار در سال در تیپ جنگلی مخزن سد چومان تا ۰/۷۴ تن در هکتار در سال در تیپ کشاورزی متغیر بود و به‌ترتیب ارزشی معادل ۴۴/۲۹ و ۹۷/۷۶ دلار در هکتار در سال دارد. در بعضی موارد نمی‌توان مطالعات انجام شده روی ارزش‌گذاری ترسیب کربن را با هم مقایسه کرد، چراکه از متدولوژی یکسان و مشخصی استفاده نشده است (بادەیان و همکاران ۱۳۹۳ و ۱۳۹۷؛ پاتو و همکاران ۱۳۹۵). به عنوان مثال پاتو و همکاران (۱۳۹۵) ارزش اقتصادی ذخیره کربن را با روش هزینه جایگزین در جنگل‌های زاگرس شمالی بررسی کردند که مشخص نیست هزینه هر تن کربن ترسیب شده به چه نحوی محاسبه شده است. همچنین در این مطالعه مقدار کربن ذخیره‌ای در زی‌توده و کربن ذخیره‌ای خاک باهم جمع زده شده است و برای یک سال ارزش‌گذاری شده است (مقدار ۲۵۸ تن در هکتار کربن ذخیره‌ای در کاربری بکر با مقدار ۲۱۹ تن در هکتار کربن ذخیره شده در خاک همین کاربری جمع زده‌شده است و ارزش آن برابر با ۸۹۰ میلیون ریال احتمالاً برای سال ۱۳۹۳ که مطالعه انجام‌گرفته است، ذکرشده است). بر اساس ارزش دلار در سال ۱۳۹۳ که تقریباً برابر با ۳۵۰۰ تومان بود، ارزش دلاری ۸۹۰ میلیون ریال برابر با ۲۵۴۲۸ دلار می‌شود که رقم بسیار بالایی برای یک هکتار در سال است. مطالعات نشان داده است که مقدار ترسیب کربن سالانه در لایه‌های آلی خاک در سوئد از ۴۰ تا ۴۱۰ کیلوگرم در هکتار متغیر است و متوسط آن ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در سال می‌باشد (Akselsson et al., 2005). مطالعات دیگر نشان می‌دهد که میزان ترسیب کربن خاک از ۴۷ کیلوگرم در هکتار در سال در جنوب فنلاند تا ۱۱۰۰ کیلوگرم در سال در مرکز آلمان متغیر است (جعفری و همکاران ۱۳۹۸). بنابراین میزان ترسیب کربن در هکتار در سال باید در محدوده اعداد ذکر شده در بالا قرار گیرد و نمی‌توان ذخیره کربن را برای یک سال در نظر گرفت. نکته مهم دیگر این است که باید رویکرد و روش ارزش‌گذاری کربن ذخیره شده که دارای نرخ تجزیه پایین است و طی سال‌های متمادی در خاک (جعفری و همکاران ۱۳۹۸) تجمع یافته

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

است، مشخص شود. از این رو نیاز است متدولوژی واضحی در زمینه مطالعات ترسیب کربن و ارزش‌گذاری آن ارائه شود.

کل ترسیب کربن در مخازن دو سد و سامانه انتقال آب برابر با ۳۴۳/۷۷ تن در سال می‌باشد که ارزشی معادل ۴۵۴۱۸/۸۹ دلار برای سال ۲۰۱۵ و ارزشی معادل ۶۳۰۸۱/۸ دلار برای سال ۲۰۲۰ دارد. بنابراین می‌توان گفت که سالانه ۴۵۴۱۸/۸۹ دلار خسارت در اثر عملیات سدسازی فقط به خاطر عدم ترسیب کربن توسط این جنگل‌ها به محیط زیست این منطقه وارد می‌شود که می‌بایست حداقل با ایجاد جنگل‌کاری در مناطق مناسب و انتخاب گونه مناسب جبران شود. یکی از اهداف مهم برنامه جنگل‌کاری پیشنهاد روش‌های طبیعی یا روش‌های نزدیک به طبیعت برای احیاء جنگل‌های مخروبه و خالی از درخت یا مناطق دخالت شده برای اجرای پروژه‌های عمرانی است. بنابراین هدف در برنامه جنگل‌کاری اولویت دادن به استفاده از گونه‌های بومی منطقه برای بازگرداندن اکوسیستم به شرایط اولیه خود می‌باشد. گونه‌های بومی از گونه‌های اصلی و اوج منطقه هستند و در طی سالیان دراز با شرایط طبیعی و اقلیمی منطقه سازگار شده‌اند. بنابراین می‌توان پیشنهاد کرد از گونه‌های بومی برای کشت و جبران خسارت استفاده شود.

با توجه به ماده ۹۵ برنامه چهارم و ۱۳۴ برنامه پنجم توسعه کشور به بانک مرکزی و دیگر دستگاه‌هایی که در تنظیم و تهیه GDP[10] و GNP[11] تلاش می‌کنند پیشنهاد می‌شود حساب اقماری برای ارزش‌های غیر بازاری نظیر ترسیب کربن ایجاد کنند و همه‌ساله نقش این خدمات را برای برنامه‌ریزی کلان و ارائه بودجه جهت حفاظت چنین اکوسیستم‌های طبیعی در نظر گرفته شود.

منابع

امیرنژاد، ح.، خلیلیان، ص. ۱۳۸۶. برآورد ارزش حفاظتی پارک ملی گلستان با استفاده از تمایل به پرداخت افراد. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد.

باده‌یان، ض.، منصوری، م.، فخاری، م.ع. ۱۳۹۷. تعیین ارزش اقتصادی ترسیب خاک در گونه‌های مختلف جنگل-کاری شده. پژوهش‌های محیط زیست، ۹(۷): ۱۱۱-۱۲۰.

باده‌یان، ض.، مشایخی، ز.، زبردست، ل.، مبرقعی، ن. ۱۳۹۳. برآورد ارزش اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در دو توده جنگلی خالص و آمیخته راش (مطالعه موردی: جنگل خیرود نوشهر). پژوهش‌های محیط زیست، ۵(۹): ۱۵۶-۱۴۷.

پاتو، م.، صالحی، ع.، زاهدی امیری، ق.، بانج شفیعی، ع. ۱۳۹۵. ارزش اقتصادی کارکرد ذخیره کربن در کاربری‌های مختلف جنگل‌های زاگرس شمالی. پژوهش و توسعه جنگل، ۲ (۴): ۳۶۷-۳۷۷.

[10] Gross Domestic Product
[11] Gross National Product

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

پرون، ص.، اسماعیلی، ع. ۱۳۸۹، برآورد ارزش غیر بازاری جنگل حرا در استان هرمزگان. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع غذایی)، ۲۴ (۲): ۱۶۸-۱۶۲.

تابان، ا. ۱۳۶۸. بررسی رویش درختان بلوط غرب و بنه. مجله جنگل و مرتع، ۴: ۷-۱۱.

جزیره‌ای، م.ح.، ابراهیمی رستاقی، م. ۱۳۸۲. جنگل‌شناسی زاگرس. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول، ۵۶۰ ص.

جعفری، م.، ترنیان، ف.، قادری، ش.، عبدالهی و.، و صابری، م. ۱۳۹۸. لاشبرگ گیاهی: تجزیه، تشکیل هوموس، ترسیب کربن. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۰۴ ص.

زبیری، م. ۱۳۸۱. زیست‌سنجی (بیومتری) جنگل. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۱۱ ص.

زبیری، م. ۱۳۸۴. آماربرداری در جنگل (اندازه‌گیری درخت و جنگل). انتشارات دانشگاه تهران. چاپ سوم، ۴۰۱ ص.

عسکری، ی. سلطانی ع.، اخوان، ر. ۱۳۹۶. برآورد رویش سالانه شعاعی، زی توده و رویش کربن در فرم‌های مختلف درختی گونه برودار.*Quercus brantii* Lindl، مجله جنگل ایران، ۹(۳): ۴۲۷-۴۴۴.

غضنفری، ح.، نمیرانیان، م.، سبحانی، ح.، مروی مهاجر، م. ر.، پورطهماسی، ک. ۱۳۸۴. برآورد رشد قطر درخت بلوط لبنان (*Quercus libani*) در جنگل‌های شمال زاگرس (مطالعه موردی، هواره خول). مجله منابع طبیعی ایران، ۵۷ (۴)، ۶۴۹-۶۶۲.

فلاحی، آ.، حیدری، م.، حسینی، ا. ۱۳۹۱. بررسی رویش قطری گونه بلوط دارمازو در توده کمتر دست‌خورده و بهره‌برداری شده در جنگل‌های زاگرس شمالی (سردشت). اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۳(۱): ۱۵-۲۶.

مبرقعی، ن.، شرزه‌ای، غ.، مخدوم، م.، یاوری، ا.، جعفری، ح. ۱۳۸۸. ارائه الگوی ارزش‌گذاری مکانی کارکرد جذب گاز دی‌اکسید کربن در جنگل‌های خزری ایران. محیط‌شناسی، ۵۱: ۵۷-۶۸.

مروی مهاجر، م.ر. ۱۳۸۴. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۸۷ ص.

منصوری،م.، باده‌یان، ض.، سنجابی، ح. ۱۳۹۶. تعیین ارزش اقتصادی برخی از مهم‌ترین کارکردها و خدمات جنگل‌های بلوط زاگرس میانی(مطالعه موردی: استان لرستان)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۹(۵): ۳۵۳-۳۶۳.

Adger, W.N., Brown, K., Cervigni, R., Moran, D. 1995. Total economic value of forests in Mexico. Ambio, 24(5): 286-296.

Akselsson C., Berg B., Meentemeyer V., Westling, O. 2005. Carbon sequestration rates in organic layers in boreal and temperate forest soils Sweden as a case study. Global Ecol Biogeogr, 14:77–84.

Birdsey, R.A. 1992. Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems. Gen. Tech. Rep. WO-59. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office. 51p.

Bluffstone, R., Coulston, J., Haight, R.G., Kline, J., Polasky, S., Wear, D.N., Zook, K. 2017. Chapter 3: Estimated Values of Carbon Sequestration Resulting from Forest Management Scenarios. The Council on Food, Agricultural and Resource Economics (C-FARE) Report No. 0114-301c, Washington DC (March;

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

available at http://www.cfare.org/publications/valuing-ecosystem-servicesfrom-farms-and-forests).

Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., Mohajer, R.M. 2004. Traditional Forest Management and its Application to Encourage Public Participation for Sustainable Forest Management in the Northern Zagros Mountains of Kurdistan Province, Iran. Scand. J. For. Res., 19(4): 65-71.

Guo, Z., Xiao, X., Gan, Y., Zheng, Y. 2001. Ecosystem functions, Services and their values a case study in Xingshan county of China Ecological Economics, 38:141- 154.

Heath, L.S., Smith, J.E., Skog, K.E., Nowak, D.J., Woodall, C.W. 2011. Managed forest carbon estimates for the U.S. Greenhouse Gas Inventory, 1990-2008. Journal of Forestry, April/May, 167-173.

Henry, M., Besnard, A., Asante, W.A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M., SaintAndré L., 2010. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. Forest Ecology and Management 260: 1375–1388.

Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government, 2016. Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-12/documents/sc_co2_tsd_august_2016.pdf

Nowak D.J., Crane, D.E. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. Environmental Pollution 116: 381–389.

Nowak, D.J., Greenfield, E.J., Hoehn, R.E., Lapoint, E. 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. Environmental Pollution, 178: 229-236.

Paul, I., Howard, P., Schwartz, J.A. 2017. The social cost of green houses and State policy. https://policyintegrity.org/files/publications/SCC_State_Guidance.pdf

Pearce D.W. 2001. The economic value of forest ecosystem. Ecosystem health, 7(4): 284-296.

Rhodium Group. 2014. "American Climate Prospectus: Economic Risks in the United States." Prepared as an input to the Risky Business Project. New York, NY: http://climateprospectus.org/assets/publications/AmericanClimateProspectus_v1.2.pdf.

Sedjo, R.,Sohngen, B. 2012. Carbon Sequestration in Forests and Soils. Annu. Rev. Resour. Econ., 4: 127-53.

Smith, J.E., Heath, L.S., Jenkins, J.C. 2003. Forest volume-to-biomass models and estimates of mass for live and standing dead trees of U.S. forests. Gen. Tech. Rep. NE-298, For. Serv., N. E. Res. Station, USDA.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]

Subedi, B.P., Pandey, S.S., Pandey, A., Bahadur Rana, E., Bhattarai, S., Banskota, T., Charmakar, S., Tamrakar, R. 2010. Asia Network for Sustainable Agriculture and Bio resources. Federation of Community Forest Users, Nepal, international Center for integrated Mountain Development, Norwegian Agency for Development Cooperation, Guidelines for measuring carbon stocks in community- managed forests.

Van Beukering, P.J.H., Cesar, H.S.J., Janssen, M.A. 2003. Economic valuation of the Leuser National Park on Sumatra, Indonesia. Ecological Economics, 44: 43-62.

Voeks, R.A., Rahmatian, M. 2004. The providence of nature: Valuing ecosystem services. International Journal of Environmental Science and Technology, 1(2): 151-163.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-04-21]