

## برآورد ارزش اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در دو توده جنگلی خالص و آمیخته راش (مطالعه موردی: جنگل خیرود نوشهر)

ضیاءالدین باده‌یان<sup>1\*</sup>، زهرا مشایخی<sup>2</sup>، لعبت زبردست<sup>3</sup>، نغمه مبرقی<sup>4</sup>

1 استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

2 دانشجوی دکتری رشته محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

3 استادیار، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

4 استادیار، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

(تاریخ دریافت: 1390/5/25؛ تاریخ تصویب: 1393/4/30)

### چکیده

اثر گلخانه‌ای یکی از بزرگ‌ترین مسایل محیط‌زیستی حال حاضر دنیا به شمار می‌رود. اکوسیستم‌های جنگلی نقش مهمی در کاهش انتشار دی‌اکسید کربن - به عنوان مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای - ایفا می‌کنند. در این مطالعه، میزان ترسیب کربن در زیست توده گیاهی و خاک در دو توده خالص و آمیخته راش در بخش گرازین جنگل خیرود برآورد و ارزش‌گذاری شده است. میزان کربن ذخیره شده در اندام‌های هوایی و زیرزمینی درختان جنگلی با استفاده از فرمول فتوسنتز تعیین شده است. برای برآورد میزان ترسیب کربن در افق‌های معدنی و آلی خاک، به ترتیب روش‌های تجربی واکلی - بلاک و روش احتراق در کوره مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در میزان ترسیب کربن در زیست توده گیاهی و افق‌های آلی و معدنی خاک در دو توده خالص و آمیخته راش است و توده خالص راش کربن بیشتری را ذخیره می‌کند (5934/2 تن در توده آمیخته راش و 7284/7 تن در توده خالص راش). جهت ارزش‌گذاری این خدمت اکوسیستمی، از روش هزینه‌های خسارت اجتناب شده استفاده شد. ارزش کارکرد ترسیب کربن توسط این اکوسیستم‌ها نیز از طریق هزینه‌هایی که در غیاب آن‌ها عاید جامعه می‌شود، برآورد شد. نتایج نشان دادند که توده خالص راش از ارزش اقتصادی معادل 9/5 میلیون ریال (هکتار/سال) و عرصه توده آمیخته راش از ارزشی معادل 8/3 میلیون ریال (هکتار/سال) از بعد کارکرد ترسیب کربن برخوردار است. بدیهی است آگاهی از این گونه ارزش‌ها به سیاست‌گذاران در امر حفاظت و تخصیص منابع مالی به ویژه در شرایطی که محدودیت بودجه وجود دارد، کمک شایانی خواهد نمود.

**کلید واژه‌ها:** ترسیب کربن، ارزش‌گذاری اقتصادی، خدمت اکوسیستمی، زی توده، هزینه اجتناب

## سرآغاز

اثر گلخانه‌ای یکی از جدی‌ترین مسایل محیط‌زیستی حال حاضر دنیا به شمار می‌رود. دی‌اکسیدکربن ( $CO_2$ ) به دلیل میزان انتشار زیاد، مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای بوده و به تنهایی مسوول افزایش 75 درصدی گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر است (مخدوم، 1382). غلظت این گاز در اتمسفر از سال 1750 تا کنون، 31٪ افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود در 100 سال آینده افزایش چشمگیری داشته باشد و منجر به افزایش دمای کره زمین شود (Anonymous, 2000; Backe'us et al., 2005).

افزایش نگرانی‌ها در زمینه افزایش دی‌اکسیدکربن و گرمایش جهانی سبب شده است توجه ویژه‌ای به راه‌های مقابله با ورود این گاز گلخانه‌ای به جو شود. پوشش گیاهی، خاک و اقیانوس‌ها از مهم‌ترین چاهک‌های کربن به‌شمار می‌روند. اکوسیستم‌های وسیع جنگلی با حجم زیادی از زیست توده<sup>(1)</sup> می‌توانند نقش مهمی در ترسیب کربن و کاهش انتشار  $CO_2$  انسان منشأ ایفا نمایند (Backe'us et al., 2005). ترسیب کربن فرایندی است که طی آن دی‌اکسیدکربن جو جذب گیاه شده و در بافت‌های گیاهی به صورت کربوهیدرات تجمع می‌یابد (عبدی و همکاران، 1387). پوشش جنگلی هم در جذب  $CO_2$  اتمسفری نقش دارد و هم با فراهم نمودن نهاده‌های کربن به شکل بقایای گیاهی بر مقدار کربن ذخیره خاک تأثیر می‌گذارد. (De Neergaard et al., 2002). ذخایر کربن در جنگل شامل موجودی زیست توده گیاهی و کربن موجود در خاک است (De Neergaard et al., 2002). زیست توده که دربرگیرنده اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه و کربن موجود در خاک مربوط به بقایای آلی در لایه‌های آلی خاک و لایه‌های معدنی خاک است که در این مطالعه تمامی زیست توده گیاهی و کربن موجود در خاک در نظر گرفته شده است (Pimental, et al.; 1997).

مطالعات متعددی در جهان نقش و اهمیت جنگل‌ها در ترسیب کربن و چرخه انرژی را تایید می‌کنند (Kort et al., 1996; Malhi, et al., 1999; Schlesinger, 1999; (Kaipainen et al., 2004; Keles & Baskent, 2007).

در ایران نیز به مطالعات مختلفی در خصوص توان اکوسیستم‌های جنگلی و مرتعی در ترسیب کربن پرداخته شده است (نقاش زرگران، 1378؛ امانی و مداح عارفی، 1382؛

بردبار، 1383؛ باده‌یان، 1385؛ محمودی طالقانی و همکاران، 1386؛ رحیم فروزه و همکاران، 1387؛ ورامش و همکاران، 1389). خدمات و کارکردهای محیط‌زیستی جنگل‌ها رایگان نبوده و ارزش و بهای اقتصادی نهفته‌ای دارند که بسیار قابل ملاحظه است. در صورتی که این خدمات رایگان تلقی شوند، اکوسیستم‌های جنگلی مورد بهره‌برداری بی رویه قرار می‌گیرند که به تدریج منجر به کاهش توان اکوسیستم و در نهایت باعث تخریب اکوسیستم شده و یا به کاربری‌های دیگر تبدیل می‌شوند. بهره‌مندی از این خدمات شاید متضمن پرداخت هزینه‌های پولی خاصی نباشد. با وجود این، محرومیت از دست‌یابی به آن‌ها هزینه‌های گزافی را به زندگی فردی و اجتماعی انسان‌ها تحمیل خواهد نمود (پناهی، 1384؛ مشایخی، 1386). برای ساماندهی رویه‌های تصمیم‌گیری در مورد استفاده از منابع تحت مدیریت نه تنها باید هزینه و فایده‌های قابل کمی‌سازی (کالاها و خدمات مبادله‌ای) را به پول تبدیل نمود، بلکه لازم است هزینه و فایده‌های غیربازاری و نامحسوسی که تا کنون ارزش آن‌ها فقط از حیث مصرفی مورد توجه بوده نیز در حوزه دید و محاسبات اقتصادی مرتبط گنجانده شوند (پناهی، 1384).

به منظور برآورد ارزش ترسیب کربن به‌وسیله اکوسیستم‌های جنگلی، مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است که به اندازه‌گیری زی توده هوایی و زیرزمینی درختان پرداخته‌اند. در بیشتر موارد، برآورد ارزش بر حسب سودهایی است که اکوسیستم به واسطه کنترل پدیده گرمایش زمین در جهان ایجاد می‌کند. از روش‌های مختلفی برای برآورد این ارزش استفاده شده است که در بیشتر موارد روش‌های هزینه مبنای می‌باشند. از قبیل: روش هزینه جایگزینی<sup>(2)</sup>، هزینه پیش‌گیری<sup>(3)</sup> و هزینه خسارت اجتناب شده<sup>(4)</sup>. جدول (1)، خلاصه مطالعات ارزش‌گذاری کارکرد تثبیت کربن در اکوسیستم‌های جنگلی جهان را به اختصار نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول مشخص است، دامنه تغییرات ارزش تثبیت کربن در مطالعات گوناگون، بسیار متفاوت است. در برآوردی که پس از بررسی چندین گزارش ارزش‌گذاری کربن انجام شده است، مشخص شد که این تغییرات بین 2-500 دلار به ازای هر تن کربن متغیر است (Pearce & Moran, 1994).

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 (WTP)<sup>(5)</sup> می‌باشد. متفاوتی دارد. اساس این رویکردها، میزان تمایل به پرداخت

### جدول (1): خلاصه مطالعات ارزش‌گذاری کارکرد تثبیت کربن در اکوسیستم‌های جنگلی

ارزش برآورد شده	محل انجام مطالعه	روش ارزش‌گذاری	منبع مطالعه
۹ دلار در هکتار	جنگل‌های برزیل	هزینه جایگزین	(Pearce, 1991)
331 دلار در هکتار	جنگل استوایی مالزی	هزینه اجتناب شده	(Krutilla, 1991)
200 دلار در هکتار	جنگل‌های آمازون	هزینه اجتناب شده	(Pearce and Moran, 1994)
10 دلار برای هر تن کربن	جنگل استوایی آمازون برزیل	هزینه جایگزین	(Brown and Pearce, 1994)
۴۶ بیلیون دلار (کل جنگل)	جنگل‌های آمازون	هزینه پیشگیری	(Myers, 1996)
۱۴۱ دلار در هکتار ۲۲۳ دلار در هکتار ۸۸ دلار در هکتار	همه جنگل‌های جهان جنگل‌های معتدله و شمالی جنگل‌های گرمسیری	هزینه جایگزین، انتقال منافع، هزینه‌های اجتناب شده	(Costanza et al., 1997)
7/3 دلار برای هر تن کربن	جنگل‌های آمازون	هزینه جایگزین	(Fearnside, 1997)
۶ بیلیون دلار در سال	جنگل‌های آمریکا	هزینه‌های اجتناب شده	(Pimentel et al., 1997)
65 دلار برای هر تن	جنگل‌های ملی آمریکا	انتقال منافع	(Dunkied & Sugarman, 1998)
۱۵۳ دلار در هکتار	جنگل‌های آمازون برزیل	انتقال منافع	(Torras, 2000)
25 دلار به ازای هر تن کربن	جنگل‌های زیمبابوه	هزینه خسارت	(Kundhlande et al, 2000)
۶۵ دلار برای هر تن کربن	جنگل‌های ملی آمریکا	انتقال منافع	(Loomis & Richardson, 2000)
6/3 دلار برای هر تن کربن	جنگل‌های اندونزی	هزینه جایگزین	(Van Beukering et al., 2003)
33/6 دلار برای هر تن کربن (به نرخ دلار 1994)	جنگل‌های چین	هزینه جایگزین	(Guo et al., 2001)

اشاره نمود.

این تغییرات، آثار غیر قابل کنترل و نامطلوبی بر فعالیت‌های اقتصادی خواهند داشت و که به یقین سبب بروز خسارت‌هایی خواهد شد. با پیش‌بینی چنین خسارت‌هایی می‌توان به ارزش‌گذاری کربن ذخیره شده توسط جنگل‌ها پرداخت. اما، خسارت‌های بالقوه مربوط به گرمایش جهانی نامشخص هستند. بنابراین، برخی از تحلیل‌گران، میزان مالیات پیشنهادی برای کربن را معادل ارزش فواید حاصل از ترسیب کربن برای جامعه می‌دانند.

در سال‌های اخیر، در ایران تلاش‌هایی در جهت ارزش‌گذاری کارکردها و خدمات برآمده از اکوسیستم‌های جنگلی صورت گرفته که در یکی از این پژوهش‌ها، کارکرد تنظیم گازها توسط جنگل‌های شمال کشور 730 دلار در هکتار برآورد شده است

جهت ارزش‌گذاری کارکرد ترسیب کربن بیشتر از روش‌های هزینه مبنا نظیر روش هزینه پیشگیری، هزینه جایگزینی، هزینه فرصت اجتماعی نهایی و هزینه اجتناب شده استفاده می‌شود (مبرقی و همکاران، 1388). ارزش اقتصادی ترسیب کربن را می‌توان در قالب گرمایش جهانی و روش‌های جایگزین برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر، مطرح نمود. به عبارتی اگر کربن بدین شکل ذخیره نشود و چاهکی برای آن وجود نداشته باشد، در هوا انتشار می‌یابد و این انتشار، افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو را در پی دارد که به دنبال آن افزایش گرمایش جهانی را شاهد خواهیم بود. اگر روند تغییر اقلیم متوقف نشود، خسارت‌هایی در پی خواهد داشت که از آن جمله می‌توان به افزایش متوسط دمای کره زمین، تغییر الگوی بارش، افزایش حوادثی مانند: خشکسالی، سیل و بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها

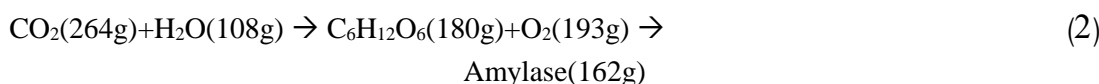
شده در خاک و زیست توده گیاهی منطقه مورد مطالعه و بررسی رابطه بین نوع تیپ گیاهی و میزان ترسیب کربن است. بخش دوم، به ارزش‌گذاری اقتصادی کارکرد مذکور با استفاده از روش‌های مبتنی بر هزینه و برآورد ارزش اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در جنگل مورد مطالعه می‌پردازد.

### برآورد میزان ترسیب کربن در خاک و زیست‌توده گیاهی در دو توده خالص و آمیخته راش

بر اساس رابطه (1)، کل کربن ذخیره شده به‌وسیله اکوسیستم جنگلی ( $C_t$ ) در دو بخش زیست توده گیاهی و خاک یافت می‌شود. کربن ذخیره شده در زیست توده شامل کربن ذخیره شده در اندام‌های هوایی ( $C_1$ ) و اندام‌های زیرزمینی ( $C_2$ ) بوده و کربن موجود در خاک شامل کربن موجود در لاشبرگ و لایه آلی خاک ( $C_3$ ) و کربن ذخیره شده در لایه معدنی خاک ( $C_4$ ) می‌باشد (رابطه 1).

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (1)$$

برای تعیین میزان کربن ذخیره شده در اندام‌های هوایی و زیرزمینی درختان جنگلی ( $C_1$  و  $C_2$ ) از فرمول فتوسنتز و تنفس ارایه شده توسط ژو و همکاران (2001) استفاده شده است (Guo et al., 2001) (رابطه 2).



اکولوژیکی شناسایی شده و با معیارهای فیزیکی متعارف اندازه‌گیری شوند. در این راستا، اطلاع داشتن از فرایندهای پیچیده حاکم بر تعاملات موجود بین اجزای زنده و غیرزنده تشکیل‌دهنده نظام‌های طبیعی اجتناب‌ناپذیر بوده و تبیین جزئیاتی درباره کارکردها و خدمات حاصل، ضرورت خواهند داشت.

با توجه به رابطه (2)، اکوسیستم جنگلی برای تولید 162 گرم ماده خشک، 264 گرم دی‌اکسیدکربن جذب و 193 گرم اکسیژن آزاد می‌کند. به بیان دیگر، 1/63 گرم دی‌اکسیدکربن برای تولید یک گرم ماده خشک، مورد نیاز است. بدین ترتیب، با محاسبه میزان رشد سالانه جنگل در بخش‌های هوایی و زیرزمینی، می‌توان میزان کربن ترسیب شده توسط گیاه را برآورد نمود. به منظور محاسبه میزان رویش سالانه بخش‌های هوایی

(Karimzadegan et al, 2007). در بررسی دیگر، ضمن ارایه نقشه توزیع مکانی ارزش جذب دی‌اکسیدکربن توسط درختان جنگلی در شمال کشور، ارزش متوسطی معادل 3/93 میلیون ریال در هکتار در سال برای کارکرد ترسیب کربن، به بخشی از جنگل‌های خزری منتسب شده است (مبرقعی و همکاران، 1388). در پژوهشی دیگر، با بهره‌گیری از روش‌های مبتنی بر هزینه، متوسط ارزش ریالی (سال / هکتار) کارکرد جذب کربن جنگل‌های شمال را در دوره زمانی 1379-1388، 1/82 میلیون ریال برآورد شده است (یزدانی و عباسی، 1389). در این مطالعات، میزان ترسیب کربن پوشش جنگلی برآورد و به آثار مختلف جوامع مختلف جنگلی بر این کارکرد جنگل کم‌تر پرداخته شده است. در حالی که توان ترسیب کربن بر حسب گونه‌ها و تیپ مختلف گیاهی، مکان و شیوه مدیریت متفاوت است (Mortenson & Schuman, 2002). هدف اصلی این مطالعه، برآورد ارزش اقتصادی یکی از کارکردهای چندگانه اکوسیستم جنگلی مورد مطالعه و کسب اطلاعات مورد نیاز جهت تصمیم‌گیری درباره نحوه مدیریت جامع منابع جنگلی می‌باشد. در این مطالعه، به عنوان نمونه توان یکی از اکوسیستم‌های جنگلی شمال کشور در ترسیب کربن مورد بررسی قرار گرفته و ارزش اقتصادی این کارکرد برآورد شده است. مطالعه دارای دو بخش مجزا است. بخش اول، شامل برآورد میزان کربن ترسیب

### مواد و روش‌ها

#### روش پژوهش

به طور کلی، هر مطالعه‌ای در زمینه ارزش‌گذاری اقتصادی منابع جنگلی، در برگیرنده دو بخش ساختاری است: یکی، کمی‌سازی کارکردها و خدمات و دیگری تلاش برای تقویم ارزش اقتصادی آن‌ها از طریق محاسبات مالی و ارزش‌های پولی. در این زمینه، می‌باید ارزش استفاده‌های مستقیم و غیر مستقیم را به ارزش‌های مبادله‌ای تبدیل کرد و با کمک رشته‌ای از قیمت‌های سایه‌ای به برآوردهایی دست یافت که برای عموم افراد، از سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان گرفته تا جوامع محلی بهره‌بردار، زبانی آشنا و قابل فهم باشد (سعید، 1380). برای تحقق این مهم، ابتدا لازم است بر مبنای یافته‌های برآمده از دانش بوم‌شناسی، ابعاد کمی مربوط به جریان گردش تولیدات و خدمات

C (%): تراکم کربن نمونه خاک

Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)

e: ضخامت لایه خاک (cm)

Cc: میزان ترسیب کربن (گرم بر مترمربع)

می‌باشند. بدین ترتیب، درصد کربن در لایه‌های معدنی و آلی خاک برآورد شد. برای انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری و مقایسه میانگین‌ها، از آزمون‌های t-student و دانکن استفاده شد.

### برآورد ارزش پولی کارکرد ترسیب کربن در دو توده خالص و آمیخته راش

در این مطالعه، از روش هزینه‌های خسارت اجتناب شده به منظور برآورد ارزش پولی کارکرد ترسیب کربن استفاده شده است. در این روش، هزینه‌های اعمال شده برای جلوگیری از زیان‌ها در نبود خدمات تنظیمی اکوسیستم مانند: تنظیم گازهای آلاینده به‌عنوان معیاری برای منافع فراهم شده توسط اکوسیستم به کار می‌روند. در این مطالعه، هزینه‌های اجتماعی تخریب محیط‌زیست بر اثر مصرف حامل‌های سوخت فسیلی در کشور در سال 1385، برای گاز دی‌اکسید کربن که بر اساس محاسبات بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و نیز ضرایب EPA آمریکا می‌باشند، معادل ارزش خدمت ترسیب کربن توسط اکوسیستم جنگلی مورد نظر در نظر گرفته شده است. به مجموع پولی که بتواند صدمات ناشی از انتشار آلاینده‌ها را جبران نماید، هزینه تخریب یا هزینه اجتماعی گفته می‌شود.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخش گرازین از جنگل آموزشی پژوهشی دانشگاه تهران (جنگل خیرود) واقع در جنگل‌های شهرستان نوشهر می‌باشد (شکل 1). تیپ‌های خاک موجود در بخش گرازین عبارت از قهوه‌ای آهکی اسکلتی، قهوه‌ای کالسیک، قهوه‌ای جنگلی و قهوه‌ای شسته شده و جوامع گیاهی موجود در این بخش عبارت از: 1- جامعه بلوط- ممرزستان 2- جامعه راش- ممرزستان 3- راشستان‌های آمیخته 4- راشستان خالص (طرح جنگلداری گرازین، 1378) می‌باشند. در این مطالعه، دو پارسل 315 (20 هکتار) و 316 (21 هکتار) به ترتیب به عنوان توده‌های آمیخته و خالص راش با شرایط عمده رویشگاهی (ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب)، تقریباً

گیاه، می‌توان درصد رویش سالانه در هکتار برای هرگونه را در متوسط حجم سرپای در هکتار ضرب کرد. بر اساس بررسی انجام شده، میزان رویش یا حجم زیست‌توده زیرزمینی، یک پنجم اندام‌های هوایی است. بنابراین، پس از محاسبه میزان رویش سالانه جنگل، 20 درصد آن به عنوان زیست‌توده زیرزمینی (C<sub>2</sub>) در نظر گرفته می‌شود (Mac Dicken, 1997). از آنجا که رویش گیاهان به صورت حجمی برآورد می‌شود، لازم است به منظور تبدیل آن به واحد وزن، رقم مربوط در میزان متوسط جرم حجمی گونه‌های جنگلی شمال کشور ضرب شود. براساس گزارش سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور در سال 1385، متوسط وزن مخصوص گونه‌های جنگلی شمال کشور، 0/65 و برای گونه راش، 0/575 تن در مترمکعب برآورد می‌شود.

برای تعیین میزان ترسیب کربن در افق‌های معدنی و آلی خاک به ترتیب از روش تجربی واکلی- بلاک (Walkly & Black, 1934) و روش احتراق در کوره استفاده شد. بدین منظور، تعداد 60 قطعه نمونه در دو تیپ آمیخته و خالص راش هر یک با تعداد 30 قطعه نمونه در قالب نمونه‌برداری خوشه‌ای و در دو امتداد شمالی- جنوبی (10 نمونه) و غربی- شرقی (20 نمونه) برداشت شدند. در محل قطعات نمونه در مساحتی برابر با 0/25 مترمربع (0/5 متر در 0/5 متر) کلیه لایه‌های آلی لاشبرگ‌ها (L)، لاشبرگ‌های در حال تجزیه (F) و لایه هوموس (H) که تا حدی به نسبت مطلوبی قابل تفکیک بودند، جمع‌آوری شدند و نمونه‌برداری از لایه‌های معدنی، در مرکز قطعه نمونه‌ها و با استفاده از اگر (Ouger) انجام شد. با توجه به مطالعات انجام شده، بیشتر ذخیره کربن تا عمق 50 سانتی‌متری خاک صورت می‌گیرد (Zahedi Amiri, 1998). بنابراین، نمونه‌برداری در سه لایه (0-10) سانتی‌متری، (10-30) سانتی‌متری و (30-50) سانتی‌متری انجام شد. تعداد دو پروفیل نیز در مرکز نمونه‌برداری‌ها در هر دو توده حفر شد و در لایه‌های معدنی در پروفیل‌های تعیین شده تعدادی نمونه به صورت کلوخه (به منظور اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری لایه‌ها و به دست آوردن کل میزان کربن خاک در جنگل و توده مورد نظر) برداشت شد. برای برآورد موجودی کربن در لایه‌های مختلف معدنی خاک، از فرمول (Zahedi Amiri, 1998) استفاده شد (رابطه 3).

$$Cc(g/m^2) = 10000 * C(\%) * Bd * e \quad (3)$$

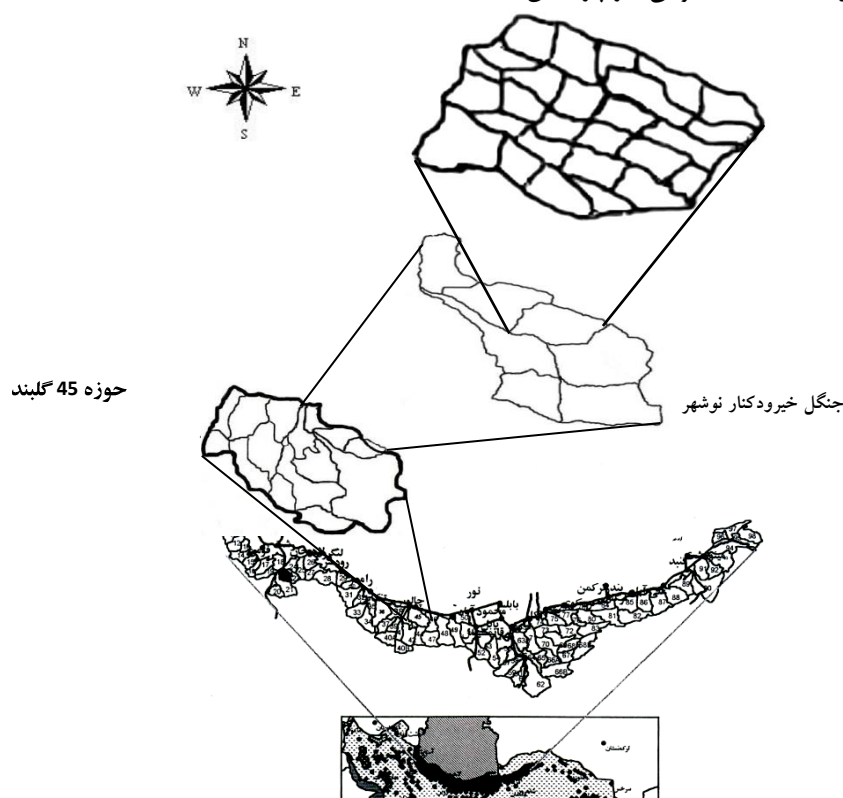
که در این رابطه:

یکسان در نظر گرفته شد.

با موجودی 374/7 مترمکعب در هکتار، سالانه 7/5 مترمکعب در

### یافته‌های تحقیق

بر اساس مطالعه صورت گرفته، متوسط رویش نسبی سالانه در جنگل‌های شمال 2 درصد است. بنابراین، در پارسل 315



شکل (1): موقعیت کلی بخش گرازبن جنگل خیرود در حوضه‌های آبخیز شمال کشور

مجموع جذب دی‌اکسیدکربن در اندام‌های هوایی درختان در پارسل 315 گرازبن،  $216 \text{ Kg/ha}$  خواهد بود. از آنجایی که میزان رویش در اندام‌های زیرزمینی معادل 20٪ رویش هوایی گیاه است، میزان ذخیره کربن در اندام‌های زیرزمینی در پارسل 315 برابر  $43/2 \text{ kg/ha}$  خواهد بود. نتایج محاسبات ترسیب کربن برای هر دو توده خالص و آمیخته در جدول (2) خلاصه شده است.

هکتار ماده خشک تولید می‌شود (زیبری، 1383). وزن مخصوص گونه راش و ممرز به ترتیب 570 و 660 کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، 1385). وزن تر سرپا در توده آمیخته راش 4580 کیلوگرم برآورد می‌شود. وزن خشک سرپا  $0/58$  وزن تر می‌باشد. بنابراین، در توده مذکور وزن خشک  $2656/3$  کیلوگرم می‌باشد. با توجه به این که در عمل فتوسنتز به ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک در مناطق جنگلی،  $1/63$  کیلوگرم  $\text{CO}_2$  تثبیت می‌شود (رابطه 1)،

جدول (2): میزان ترسیب کربن در زیست توده گیاهی در دو توده آمیخته و خالص راش (تن)

توده	مساحت (ha)	حجم در هکتار ( $\text{m}^3 / \text{ha}$ )	وزن خشک سرپا (تن)	$\text{CO}_2$ ذخیره شده در اندام‌های هوایی (تن)	$\text{CO}_2$ ذخیره شده در اندام‌های زیرزمینی (تن)
توده آمیخته	20	374/7	2/6	4/3	0/87
توده خالص	21/3	561/9	3/9	6/4	1/3

دست آمده است. با توجه به رابطه (1) کل کربن ذخیره شده در توده‌های آمیخته و خالص راش به شرح جدول (4) می‌باشد. تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در میزان ترسیب کربن در زیست‌توده گیاهی و افق‌های آلی و معدنی

جدول (3)، میزان ترسیب کربن (تن بر هکتار) را در لایه‌های مختلف آلی و معدنی خاک در دو توده راش خالص و آمیخته نشان می‌دهد. مقادیر مربوط به لایه‌های آلی از میانگین حاصل ضرب مقدار زیست‌توده قطعه نمونه‌ها (گرم) در تراکم کربن هر یک (درصد) و مقادیر مربوط به لایه‌های معدنی از میانگین ترسیب کربن محاسبه شده برای 30 قطعه نمونه به

**جدول (3): میزان ترسیب کربن خاک (تن) در افق‌های الی (L, F, H) و لایه‌های معدنی خاک جنگل در دو توده آمیخته و خالص راش**

توده راش خالص (پارسل 316)	توده راش آمیخته (پارسل 315)	توده جنگلی
181	167	میزان ترسیب کربن در افق‌های آلی
7096	5762	میزان ترسیب کربن در لایه‌های معدنی
7277	5929	جمع

**جدول (4): کل کربن ترسیب شده در توده آمیخته و خالص راش (تن)**

C <sub>t</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	توده
5934/17	5762	167	0/87	4/3	توده آمیخته
7284/7	7096	181	1/3	6/4	توده خالص

ارزشی اقتصادی معادل 9/5 میلیون ریال و توده آمیخته راش ارزشی معادل 8/3 میلیون ریال در هکتار/سال را داراست. بدین ترتیب، عرصه 21 هکتاری توده خالص راش از ارزشی معادل 203 میلیون ریال و عرصه 20 هکتاری توده آمیخته راش از ارزشی معادل 166 میلیون ریال تنها از بعد کارکرد ترسیب کربن اتمسفر برخوردار است و در مجموع ارزش اقتصادی ترسیب کربن در دو توده خالص و آمیخته راش در دو توده مورد مطالعه سالانه حدود 370 میلیون ریال است.

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، ذخیره کربن در تمامی بخش‌ها و لایه‌های معدنی و آلی خاکتوده خالص راش به مراتب بیشتر از توده آمیخته راش بود. این نتیجه، می‌تواند به دلیل سرعت پایین‌تر تجزیه لاشبرگ‌های درخت راش باشد. زیرا، در توده آمیخته راش میزان کربن بیشتری به اتمسفر بر می‌گردد و در واقع کربن بیشتری از دست می‌رود و در نهایت سبب کم شدن میزان کربن در لایه‌های آلی و معدنی خاک در توده آمیخته می‌شود. از طرف دیگر از آنجایی که جنگل‌های خالص راش در

خاک در دو توده خالص و آمیخته راش وجود دارد و در کل توده خالص راش کربن بیشتری را ذخیره می‌کند. جهت برآورد ارزش دی‌اکسیدکربن ترسیب شده توسط اکوسیستم جنگلی، از روش هزینه اجتناب استفاده شده است. بدین منظور، از آمار منتشر شده در ترازنامه انرژی وزارت نیرو در سال 1385 (زمان انجام پژوهش) استفاده شده است. برآوردها نشان می‌دهند که هر هکتار از درختان جنگلی واقع در توده آمیخته و خالص راش در جنگل خیرود، به ترتیب قادر به جذب 296/12 و 341/52 تن دی‌اکسیدکربن از جو هستند. این نتایج بیان‌گر آن است که توان ترسیب کربن جنگل‌های مذکور منجر به کاهش هزینه‌های اجتماعی و اجتناب از خسارت‌های ناشی از انتشار دی‌اکسیدکربن در جو می‌شود. از آنجایی که بر اساس مطالعات بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط‌زیست، هزینه‌های اجتماعی تخریب محیط‌زیست بر اثر مصرف حامل‌های انرژی در سال 1385 برای انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، 11747 میلیارد ریال برآورد شده است، می‌توان ادعان نمود که انتشار هر تن گاز دی‌اکسیدکربن، 27900 ریال هزینه در بر خواهد داشت. بنابراین هر هکتار از جنگل‌های واقع در توده خالص راش محدود مطالعاتی با جلوگیری از انتشار 341/52 تن دی‌اکسیدکربن،

برآورد نمود. در یک پژوهش صورت گرفته با در نظر گرفتن یک دوره زمانی 10 ساله (1379-1388)، ارزش ترسیب کربن توسط بخش نمخانه جنگل خیرود،  $1/82$  میلیون ریال در سال/هکتار برآورد شده است (یزدانی و عباسی، 1389). همچنین، جنگل در کنار ترسیب کربن و تنظیم گازها کارکردها و خدمات دیگری از قبیل تنظیم جریانات هیدرولوژیکی، حفظ خاک، ارزش تفریحی، ارزش زیستگاهی و ... نیز دارد که با برآورد آنها می‌توان به ارزش اقتصادی کل (TEV)<sup>(6)</sup> جنگل دست یافت. این گونه مطالعات به زمان، هزینه و اطلاعات وسیع و جامعی نیاز دارد.

از پژوهش انجام شده و پژوهش‌های مشابه چنین می‌توان نتیجه‌گیری نمود: از آنجایی که سرمایه‌های طبیعی و خدمات اکوسیستمی در آینده بیشتر تحت فشار قرار می‌گیرند و کمیاب تر می‌شوند، ضرورت دارد که با استفاده بهینه و درخور از این اکوسیستم‌های ارزشمند به حفاظت از این میراث طبیعی کمک نمود. ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی یک نقطه شروع مناسب برای درک ارزش خدمات متعدد اکوسیستم‌های طبیعی است. با دانستن ارزش اقتصادی کل اکوسیستم‌ها، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران قادر به تصمیم‌گیری جامع‌نگر تر و صحیح تر و تعیین اولویت بین گزینه‌های موجود خواهند بود.

### یادداشت‌ها

1. Biomass
2. Replacement Cost
3. Preventive Expenditures
4. Damage Cost Avoided
5. Willingness to pay
6. Total Economic Value

حالت کلیماکس ظاهر می‌شوند، شاید بتوان این چنین استنباط کرد که به نوعی توده خالص مورد مطالعه به مرحله کلیماکس رسیده باشد. بدین دلیل، میزان ذخیره کربن در آن بیشتر از جنگل آمیخته راش می‌باشد.

برای ارزش‌گذاری اقتصادی کارکرد ترسیب کربن از هزینه‌های اجتماعی عاید شده در وضعیت نبود این خدمت یا کارکرد استفاده شد و ارزش هر هکتار از جنگل‌های سری گرازین خیرود به لحاظ ترسیب کربن حدود 9 میلیون ریال برآورد شد. مبرقی و همکاران با به‌کارگیری روش هزینه جایگزینی، ارزش ترسیب کربن در آبخیز شماره 1 از حوزه 45 جنگل‌های خزری کشور را  $3/9$  میلیون ریال در هکتار برآورد نمودند که در این مطالعه تنها کارکرد ترسیب کربن توسط زی‌توده گیاهی مورد ارزش‌گذاری قرار گرفته و کربن ترسیب شده در خاک منطقه مورد مطالعه مورد بررسی واقع نشده است. نتایج مربوط به ارزش‌گذاری اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در جنگل‌های منطقه مورد مطالعه، نشان‌دهنده ارزش چشمگیر و قابل توجه این اکوسیستم‌ها می‌باشند. لازم به ذکر است که ارزش برآورد شده (370 میلیون ریال) فقط مربوط به محدوده‌ای به وسعت 40 هکتار می‌باشد و مقدار ترسیب در بخش هوایی، فقط برای قطرهای طبقه  $10\text{Cm}$  به بالا محاسبه شده است. بدیهی است با احتساب ترسیب در این طبقات قطری، ارزش برآوردی بیشتر خواهد شد. همچنین اگر این ارزش برای کل محدوده 8000 هکتاری جنگل خیرود برآورد شود، رقم قابل توجهی خواهد بود.

میزان برآورد ترسیب کربن در خاک محدوده مورد مطالعه محدود به دوره زمانی خاص نمی‌باشد و کل ترسیب صورت گرفته از بدو پیدایش این گونه جنگل‌ها می‌تواند قلمداد شود. همین‌طور، ترسیب صورت گرفته در زی‌توده گیاهی جنگل نیز متعلق به دوره زمانی خاصی نبوده و می‌توان با در نظر گرفتن نرخ رویش (2٪ کل موجودی) نرخ ترسیب سالیانه در زیست‌توده گیاهی را

### فهرست منابع

- امانی، م. و مداح عارفی، ح. 1382. بررسی قابلیت ترسیب کربن در تاغ‌زارهای دست‌کاشت کشور و استراتژی آینده. مجموعه مقالات اولین همایش تاغ و تاغ‌کاری، تابستان 1382. کرمان.
- باده‌یان، ض. 1385. بررسی ارتباط بین ذخیره کربن و pH در لایه‌های آلی و معدنی خاک در یک جنگل آمیخته راش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. 69 صفحه.



دربار، م. 1383. پتانسیل ذخیره کربن دو گونه *Acacia salicina* Lindl و *Dehnh Eucalyptus camaldulensis* دو منطقه فسا و ممسنی، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.

پناهی، م. 1384. ارزش گذاری اقتصادی جنگل های خزری. رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص 294.

رحیم فروزه، م.؛ حشمتی، غ.؛ قنبریان، غ. و مصباح، ح. 1387. مقایسه توان ترسیب کربن سه گونه بوته ای گل آفتابی، سیاه گینه و درمنه دشتی در مراتع خشک ایران (مطالعه موردی: دشت گریایگان فسا). محیط شناسی. 46: 65-72.

زبیری، م. 1383. طرح پژوهشی کاربردی ارزیابی وضعیت کمی و کیفی جنگل در مطالعات دوره ای جنگل های شمال کشور. دانشگاه تهران. دانشکده منابع طبیعی کرج.

سعید، ا. 1380. نقش جنگل ها در اقتصاد ملی، دفتر بهره برداری و صنایع چوب. سازمان جنگل ها و مراتع.

طرح جنگلداری گرازبن. 1378. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

عبدی، ن.؛ مداح عارفی، ح. و زاهدی امیری، ق. 1387. برآورد ظرفیت ترسیب کربن در گونزارهای استان مرکزی (مطالعه موردی: منطقه مالمیر شهرستان شازند). تحقیقات مرتع و بیابان ایران. 2: 269-282.

مبرقعی، ن.؛ شرزهای، غ.؛ مخدوم، م.؛ یآوری، ا.؛ و جعفری، ح. 1388. ارایه الگوی ارزش گذاری مکانی کارکرد جذب گاز دی اکسید کربن در جنگل های خزری ایران. محیط شناسی. 51: 57-68.

محمودی طالقانی، ع.؛ زاهدی امیری، ق.؛ عادل، ا. و ثاقب طالبی، خ. 1386. برآورد ترسیب کربن خاک در جنگل های تحت مدیریت (مطالعه موردی: جنگل های گلبند شمال کشور)، فصلنامه جنگل و صنوبر: 241-252.

مخدوم، م. 1382. شالوده آمایش سرزمین. انتشارات دانشگاه تهران. 289 صفحه.

مشایخی، ز. 1386. ارزش گذاری اقتصادی اکوسیستم های جنگلی زاگرس در کاهش رواناب سریع به عنوان یک خدمت محیط زیستی (مطالعه موردی: جنگل های بازفت استان چهار محال و بختیاری). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص 136.

نقاش زرگران، م. 1378. اندازه گیری میزان زیوزن برگ خشک و شاخص سطح برگ در جنگل های میانبند خزری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی گرگان، ص 64.

ورامش، س.؛ حسینی، م.؛ عبدی، ن. و اکبری نیا، م. 1389. اثرهای جنگل کاری در افزایش ترسیب کربن و بهبود برخی ویژگی های خاک. مجله جنگل ایران. 1: 25-35.

وزارت نیرو. دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی سال 1385. 1387. ترازنامه انرژی. 756 صفحه.

یزدانی، س. و عباسی، ا. 1389. برآورد ارزش اقتصادی منافع زیست محیطی جنگل ها (مطالعه موردی: بخش نمخانه جنگل خیرود در شهرستان نوشهر). تحقیقات اقتصاد کشاورزی: 3: 33-54.

Anonymous, 2000. Land use, Land-use Change, and Forestry: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Backe'us, S.; Wikstrom, P. & Lamas, T. 2005. A model for regional analysis of carbon sequestration and timber production. Forest Ecology and Management 216:28-40.

Brown, k. & Pearce, D. W. 1994. The Economic Value of Non-marketed Benefits of Tropical Forests: Carbon Storage. In: The Economic of Project Appraisal and the Environment, ed. Weiss, J., pp. 102-123.

- London: Elgar, U.K. Coomes, D.A., Allen, B.B., Scott, N.A., Goulding, C., Beets, P. 2002. Forest ecology and management, designing system to monitor the carbon stock.
- Costanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R.; Grass, M.; Hannon, B.; Limburg, k.; Naeem, S.; O'Neill, R. V.; Paruelo, J.; Rakin, R. G.; Sutton, P. & Van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- De Neergaard, A.; Porter, J. R. & Gorissen, A.; 2002. Distribution of assimilated carbon in plants and rhizosphere soil of basket willow (*Salix viminalis* L.), *Plant Soil*, 245: 307-314.
- Dunkiel, B. & Sugarman, S. 1998. Complaint for Declaratory, Mandatory and Injunctive Relief. United States District Court for the District of Vermont. Burlington, Vermont.
- Fearnside, P. 1997. Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonian. *Ecological Economics*, 20: 53- 70.
- 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.
- Kaipainen, T.; Liski, J.; Pussiner, A. & Karjalainen, T. 2004. Managing Carbon Sinks by Changing Rotation Length in European Forests. *Environmental Science and Policy*, 205-209.
- Karimzadegan, H.; Rahmatian, M.; DehghaniSalmasi, M; Jalali, R. & Shahkarami, A. 2007. Valuating forests and rangelands- ecosystem services. *International Journal of Environmental Researches*. 1(14): 368-377.
- Keles, S. & Baskent, E. Z. 2007. Modeling and analyzing timber production and carbon sequestration values of forest ecosystem. A case study. *Polish Journal of environmental studies*. 10 (3): 473-479.
- Kort , J.& Bob, T. 1996. Biomass production and carbon fixation by Prairie shelter belts a green plant project .Indian Head prefaces her belt center.
- Kundhlande, G.; Adamowicz, W. L. & Mapaure, I. 2000. Land use options in dry tropical woodland ecosystem in Zimbabwe. *Ecological Economics*, 33:401-412
- Krutilla, J. V. 1991. Environmental resources services of Malaysian moist tropical forest. For resources for the future. Johns Hopkins University press, Baltimore.
- Loomis, J. B. & Richardson, R. 2000. Economic value of protecting road less areas in the United States. Washington, D. C.: The Wilderness Society, USA.
- Malhi , y. & Baldocchi, J. P.Q. 1999. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests.
- Mac Dicken, K. G. 1997. A Guide to Monitoring carbon Storage in Forestry and Agro forestry projects. Winrock International Institute for agricultural Development, Forest Carbon monitoring Program, 91 pp.
- Mortenson, M. & Chuman, G. 2002. Carbon sequestration in rangeland interceded with yellow-flowering alfalfa (*Medicago Sativa* Spp. *Falcata*) USDA Symposium On Natural Resource Management To Offset Greenhouses Emission in University of Wyoming
- Myers, N. 1996. Environmental services of biodiversity. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 93: 2764-2769.
- Pearce, D. W. 1991. An economic approach to saving the tropical forests. In: *Economic Policy towards the Environment*, ed. Helm, D., pp. 239-262. Oxford: Blackwell, U.K
- Pearce, D. W. & Moran, E. 1994. The economic value of biodiversity. Earthscan publication, London.
- Pimental, D.; Wilson, C.; McCullum, C.; Huang, R.; Daen, P.; Flack, J.; Tran, O.; Saltman, T. & Cliff, B. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *Biological Science*, 47(11): 747-757.
- Schlesinger W.H. 1999. Soil Organic Matter a Source of Atmospheric Co<sub>2</sub>, 28pp.
- Torras, M. 2000. The total economic value of Amazonian deforestation, 1978-1993. *Ecological Economics*. 33: 283-297.

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. World Resources Institute, Washington, D.C.

Walkly & Black, C. A. 1934. *An Experimentation of Data*. 39pp.

ZahediAmiri, G. H. 1998. Relation between Ground Vegetation and Soil Characteristics, in a Mixed Hardwood Stand, Academic press, University of Gent, 319pp.