

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



عنوان طرح پژوهشی داخلی:

مدل سازی فضایی- زمانی

ذخیره سازی و ترسیب کربن

در سرزمین جنگلی هیرکانی

مجری طرح: دکتر اردوان زرنندیان

همکاران طرح: دکتر علیرضا رحمتی- دکتر مجید رضمانی مهریان- دکتر سیده بهاره عظیمی- دکتر رویا

موسی زاده

شهریور ۱۳۹۶

جنگل‌های هیرکانی در شمال ایران یکی از مهم‌ترین مناطق رویشی کشور به لحاظ تنوع زیستی و تدارک خدمات محیط زیستی مؤثر بر رفاه و کیفیت زندگی محسوب می‌شوند. این منطقه رویشی، متأسفانه به دلایل گوناگون از جمله توسعه سکونتگاه‌های انسانی و تغییر کاربری جهت توسعه صنعتی و کشاورزی، طی چند دهه اخیر تحت تخریب فزاینده قرار گرفته است. در حال حاضر به دلیل افزایش تقاضا برای تبدیل زمین‌های جنگلی به سایر کاربری‌های انسانی از جمله مزارع، خانه‌سازی، شهرک‌سازی و توسعه صنایع، تصمیم‌گیری در این زمینه از نظر محیط زیستی از حساسیت بالایی برخوردار است و لذا جانمایی این کاربری‌ها باید به نحوی انجام گردد که کمترین تأثیر سوء بر خدمات اکولوژیکی جنگل را به همراه داشته باشد. ذخیره‌سازی و ترسیب کربن یکی از مهم‌ترین خدمات تنظیمی اکوسیستم است که منجر به کاهش و تعدیل سرعت تغییرات اقلیمی می‌شود. با توجه به اینکه در حال حاضر امکان سنجش دقیق ذخیره و ترسیب کربن در مقیاس‌های بزرگ و از جمله آبخیز و لندسکیپ و ایجاد تمایز فضایی برای تعیین توان و ظرفیت این کارکرد اکولوژیکی در پهنه سرزمین فراهم نیست، این طرح قصد دارد تا ضمن برآورد توان ذخیره‌سازی و ترسیب کربن در یک محدوده پایلوت از جنگل‌های خزری، روشی را برای نمایش فضایی آن بر روی نقشه از طریق مدل‌سازی ارایه نماید. همچنین با توجه به اینکه تصمیم‌گیری درباره تغییر کاربری زمین در ارزیابی‌های محیط زیستی نیازمند پیش‌بینی دقیق اثرات احتمالی است، با استفاده از روش مدل‌سازی سناریویی امکان پیش‌بینی تغییرات در کمیت کربن ذخیره‌شده و ترسیب آن را برای مقاطع زمانی آتی مهیا می‌نماید. چنین نقشه‌هایی می‌توانند کمک ایده آلی برای مدیران و ارزیابان محیط زیست باشد تا بهتر تشخیص دهند محل‌های حفاظت، برداشت و توسعه را از کجاها انتخاب نمایند به نحوی که تدارک این خدمت توسط اکوسیستم نیز استمرار یابد.

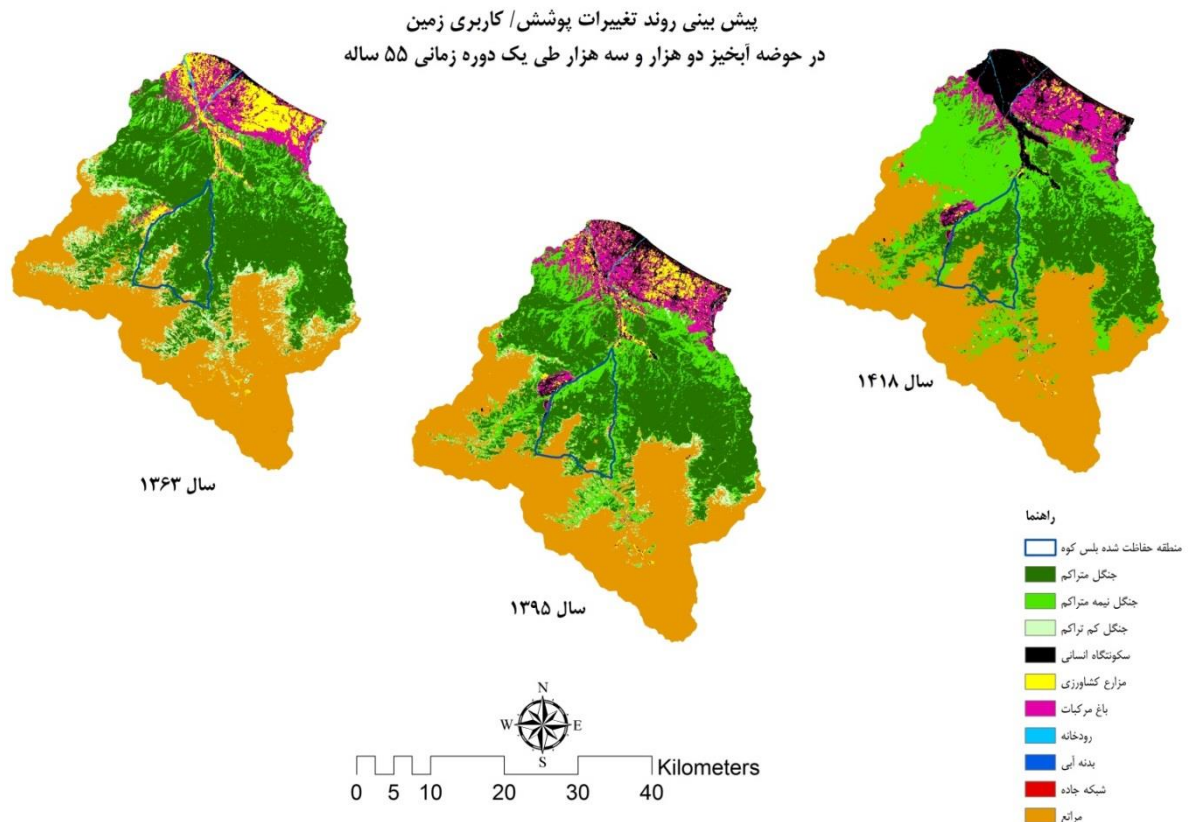
۲- روش تحقیق و تکنیک‌های اجرایی طرح:

در این تحقیق ابتدا ادبیات علمی موجود در زمینه روش‌های مدل‌سازی و برآورد موجودی و ذخیره کربن در اکوسیستم‌های جنگلی بر اساس محاسبات زیست‌توده گیاهی و با استفاده از معادلات آلومتریکی کربن مورد مرور قرار گرفت. سپس با انجام مرزبندی اکولوژیک، حوضه آبخیز دو هزار و سه هزار به عنوان لندسکیپ پایلوت از جنگل هیرکانی در نظر گرفته شد. به منظور تعیین کمیت و روند تغییرات ساختاری سرزمین از گذشته تا حال، نقشه پوشش / کاربری زمین در دو مقطع زمانی پایه (سال ۱۳۶۳) و جاری (سال ۱۳۹۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM تهیه شد. همچنین به منظور پیش‌بینی وضعیت آتی محدوده مورد مطالعه (سال ۱۴۱۸) از روش مدل‌سازی سناریویی مبتنی بر فاکتورهای استعداد زمین استفاده شد. داده‌های ذخیره کربن در ۴ مخزن اصلی: زیست‌توده بالا زمینی، زیست‌توده زیرزمینی، خاک و ماده آلی مرده بر اساس روش فائو و سایر روش‌های استاندارد برآورد کربن تعیین شد. در گام بعدی برای نقشه‌سازی مجموع مقدار کربن ذخیره‌شده در ۴ مخزن بالا و برآورد کمیت کل کربن ذخیره‌شده بر اساس تن در هر هکتار و کمیت ترسیب کربن در دوره‌های زمانی موردنظر از نرم افزار InVEST(2015) استفاده شد. در گام پایانی ارزش اقتصادی خالص ذخیره و ترسیب کربن در لندسکیپ پایلوت از هر دو منظر فواید پولی حاصله از سیاست‌های حفاظت جنگل و خسارات اقتصادی ناشی از تخریب آن مورد برآورد و نقشه‌سازی قرار گرفت.

۳- نتایج و یافته های کلیدی

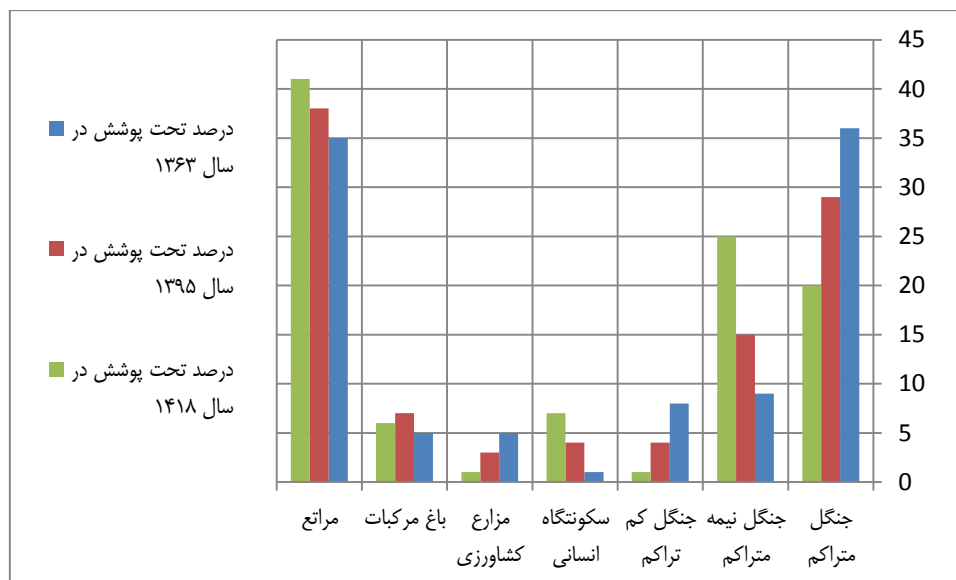
۳-۱- مقایسه تغییرات ساختاری در پوشش / کاربری لندسکیپ پایلوت (از گذشته تا حال و پیش بینی آینده محتمل)

بر اساس اطلاعات حاصل از تهیه دو نقشه پایه و جاری پوشش کاربری زمین و نقشه حاصل از مدل سازی سناریویی پوشش کاربری در وضعیت آتی، امکان مقایسه، پیش بینی و تعیین روند تغییرات در یک دوره زمانی بلندمدت ۵۵ ساله (۱۳۶۳-۱۴۱۸) فراهم شد:



بر اساس این مقایسه، در سال ۱۴۱۸ پس از طی یک دوره زمانی ۵۵ ساله، درصد تحت پوشش جنگل متراکم از ۳۶ در سال ۶۳ به ۲۹ در سال ۹۵ و سپس ۲۰ در سال ۱۴۱۸ کاهش می یابد که چنین روندی به طور حتمی حاکی از کاهش کمیت این طبقه از پوشش طبیعی سرزمین است. جنگل نیمه متراکم در همین دوره زمانی طی یک روند صعودی از ۹ در سال ۶۳ به ۱۵ در سال ۹۵ افزایش یافته و با تداوم همین روند، پیش بینی می شود که در سال ۱۴۱۸ به ۲۵٪ برسد که چنین روندی به طور حتمی حاکی از تخریب کیفی جنگل متراکم هم زمان با سیر نزولی کمیت آن است. در واقع به دلیل وجود سیر قهقرایی تخریب جنگل به تدریج و با گذشت زمان جنگل متراکم در حال جایگزینی با جنگل نیمه متراکم است. این رویداد در نقشه بالا به وضوح در نیمه شمال غربی محدوده مورد مطالعه قابل مشاهده است به نحوی که در بسیاری از بخش هایی که سال ۱۳۶۳ تحت پوشش جنگل متراکم بوده است (رنگ سبز تیره) در سال ۹۵ تنگ شده و در سال ۱۴۱۸ با جنگل نیمه متراکم (رنگ سبز فسفری) جایگزین خواهد شد. در همین حال، جنگل کم تراکم که در سال ۱۳۶۳ با پوشش ۸٪ در اراضی بالادست مرتفع و هم جوار با اراضی مرتعی

واقع شده بود، به ۴٪ در سال ۹۵ کاهش یافته و در سال ۱۴۱۸ به کمتر از ۱٪ نقصان خواهد یافت. این رویداد حاکی از روند تخریبی بسیار شدید در این طبقه کاربری به دلیل تنگ شدن بیشتر از حد پوشش درختی و کاهش مقاومت آن در مقابل اختلالات طبیعی و انسانی و جایگزینی آن با سایر انواع پوشش کاربری به ویژه پوشش مرتعی است. در همین راستا شاهد افزایش مستمر پوشش مرتعی به مقدار ۳۵٪، ۳۸٪ و ۴۱٪ طی سه دوره زمانی مورد نظر هستیم.

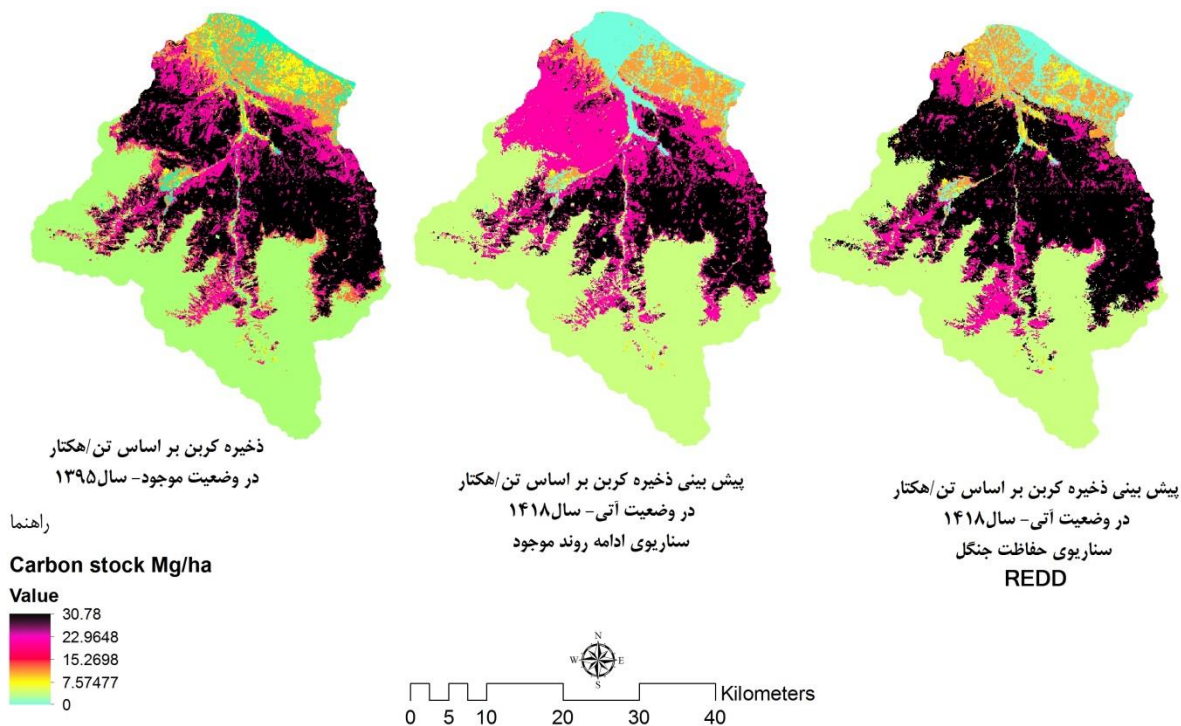


به لحاظ تغییرات در کاربری‌های انسان ساخت همان طور که در نقشه مشاهده می‌شود، مساحت تحت پوشش کاربری زراعی طی سال‌های ۶۳، ۹۵ و ۱۴۱۸ به ترتیب ۵٪، ۳٪ و ۱٪ (رنگ زرد) است. دلیل این امر آن است که با توجه به توسعه بی‌رویه ساخت‌وسازهای انسانی، به طور معمول زمین‌های زراعی نخستین محدوده‌های قابل دسترس برای تبدیل کاربری و احداث سکونتگاه هستند و به لحاظ پارامترهای محیطی مانند شیب و ارتفاع و نزدیکی به جاده در شرایط مساعدی قرار دارند. در عوض سکونتگاه‌های انسانی (رنگ سیاه) در این دوره زمانی از ۱٪ در سال ۶۳ به ۴٪ در سال ۹۵ افزایش یافته است و در صورت تداوم روند موجود به ۷٪ در سال ۱۴۱۸ افزایش خواهد یافت. این تغییر در نقشه‌ها بسیار بارز است که دلیل آن جایگزینی مزارع با سکونتگاه به دلیل کمبود زمین در دسترس برای ساخت‌وساز با توجه به محدودیت‌های ارتفاعی و شیب در محدوده مورد مطالعه و در نتیجه تمرکز یافتن ساخت‌وسازها در محدوده پایین دست است. همچنین اراضی باغی در سال ۹۵ حدود ۷٪ از محدوده را پوشش می‌دهند که نسبت به سال ۶۳ (با پوشش ۵٪) روند افزایشی داشته است. اما پیش‌بینی می‌شود که در سال ۱۴۱۸ با کاهشی یک درصدی به ۶٪ برسد. این روند برگشت نزولی نیز به این دلیل خواهد بود که در دوره زمانی آتی با توجه به اینکه دیگر مزارع زراعی در داخل محدوده وجود نخواهد داشت بنابراین ساکنین نسبت به جایگزینی باغ‌های موجود با سکونتگاه انسانی اقدام خواهند نمود.

۳-۲- مقایسه اثرات تغییرات ساختاری جنگل بر مقدار کل ذخیره کربن (در سه وضعیت موجود، آینده مبتنی بر ادامه روند موجود و آینده مبتنی بر توسعه متوازن سرزمین)

نقشه ذیل تغییرات کمی در موجودی ذخیره کربن بر اساس تن/هکتار طی سال‌های ۱۴۱۸-۱۳۹۵ تحت سناریوهای مختلف نشان می‌دهد.

مقایسه روند تغییرات در موجودی ذخیره کربن



- بر اساس نقشه‌های تولیدشده و داده‌های خروجی مدل، کل ذخیره فعلی کربن در لندسکیپ جنگلی دو هزار و سه هزار برابر با ۲۵.۷۷۲۲.۷۹۹/۵۴ تن در سال ۱۳۹۵ است. به لحاظ توزیع مکانی ذخیره کربن در هر هکتار از پهنه لندسکیپ، شاهد موجودی در طیف ۰-۳۰ تن هستیم. میانگین ذخیره کربن در هکتار در سراسر پهنه لندسکیپ معادل ۱۵/۲۱ تن است.
- در صورت تداوم روند موجود به دلیل تغییرات گسترده ساختاری در پوشش/ کاربری زمین و به‌ویژه اثرات ناشی از تخریب پوشش‌های جنگلی، مقدار کل موجودی ذخیره کربن در سال ۱۴۱۸ به ۲۳.۳۲۱۶۱۰/۹۲ تن تقلیل می‌یابد. این به مفهوم اتلاف ذخیره کربن به مقدار ۲.۴۵۱.۱۸۸/۵۸- است. علامت منفی نشان‌دهنده اتلاف کربن و یا انتشار آن به اتمسفر بر اساس فرضیات مدل است. در این وضعیت میانگین ذخیره کربن در پهنه لندسکیپ به ۱۳/۷۷ تن در هکتار کاهش می‌یابد.
- در صورت افزایش مرزهای حفاظت، اجرای برنامه‌های مدیریت و احیاء پوشش جنگل و تهیه برنامه توسعه متوازن سکونتگاه‌های انسانی برای محدوده مطالعاتی، علاوه بر اینکه توسعه ساخت وسازها متوقف نمی‌گردد، مقدار کل موجودی ذخیره کربن تا سال ۱۴۱۸ به ۲۷.۵۶۲۶۲۱/۱۱ تن افزایش می‌یابد. این به مفهوم ترسیب بیشتر کربن معادل ۱.۷۸۹.۸۲۱/۶۰ تن توسط لندسکیپ تحت مطالعه طی ۲۳ سال آتی خواهد بود. ضمن آنکه میانگین ذخیره کربن در لندسکیپ در این بازه زمانی به ۱۶/۲۶ تن در هکتار افزایش می‌یابد.

۳-۳- تعیین کمیت ترسیب کربن در بازه زمانی جاری تا آتی

کمیت ترسیب کربن بر اساس تفاضل بین موجودی‌های ذخیره کربن طی دوره زمانی جاری و آتی محاسبه گردید.

ذخیره کربن (تن)			ترسیب کربن (تن)	
جاری	آتی (تداوم روند موجود)	آتی (توسعه متوازن)	آتی (تداوم روند موجود)	آتی (توسعه متوازن)
۲۵.۷۷۲.۷۹۹/۵۴	۲۳.۳۲۱.۶۱۰/۹۲	۲۷.۵۶۲.۶۲۱/۱۱	-۲.۴۵۱.۱۸۸/۵۸	۱.۷۸۹.۸۲۱/۶۰

در شرایط سناریوی تداوم روند موجود انتشار کربن به اتمسفر در بخش‌های تخریب‌شده جنگل افزایش می‌یابد. در این شرایط حداکثر اتلاف کربن در پهنه لندسکیپ معادل ۲۱/۵۱- تن و حداکثر توان ترسیب کربن ۳/۳۳ تن است. به‌طور میانگین شاهد ۱/۱۴- تن اتلاف کربن در هر هکتار خواهیم بود که مبین کاهش شدید توان ترسیب کربن در محدوده مورد مطالعه خواهد بود. در شرایط سناریوی توسعه متوازن مبتنی بر حفاظت پوشش‌های جنگلی و توسعه سکونتگاهی در قسمت‌های مناسب لندسکیپ، حداکثر اتلاف کربن معادل ۱۹/۷۱- و حداکثر ترسیب معادل ۲۱/۵۱ تن است. میانگین در هکتار ترسیب کربن ۱ تن در هکتار است که حاکی از افزایش توان ترسیب کربن در اثر اجرای طرح‌های مدیریت جنگل خواهد بود.

۳-۴- ارزش‌گذاری اقتصادی کربن در محدوده مورد مطالعه

در محدوده مورد مطالعه دو هزار و سه هزار بر اساس محاسبات مدل طی دوره زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۴۱۸ در اثر تداوم روند موجود، در مجموع با کاهش توان ترسیب کربن به میزان ۲.۴۵۱.۱۸۸/۵۸- تن مواجه خواهیم بود که این مقدار با احتساب مبلغ ۱۱۰ دلار به‌عنوان هزینه انتشار هر تن کربن و با در نظر گرفتن نرخ تنزیل ۱۲٪، هزینه‌ای (خسارتی) معادل ۱۸۰.۲۲۲.۱۷۲/۰۱- دلار آمریکا طی ۲۳ سال آتی ایجاد می‌نماید.

برعکس، در صورت اجرای سیاست توسعه متوازن، با افزایش توان ترسیب به میزان ۱.۷۸۹.۸۲۱/۶۰ تن مواجه خواهیم بود که این مقدار با احتساب مبلغ ۱۱۰ دلار به‌عنوان هزینه‌های اجتناب شده هر تن انتشار کربن، ارزش خالص فعلی به میزان ۱۳۱.۵۹۵.۵۶۰/۲۷ دلار آمریکا طی ۲۳ سال آتی ایجاد می‌نماید.

بر همین اساس تفاوت در موجودی ذخیره کربن تحت دو سناریوی فوق‌الذکر معادل با ۴.۲۴۱.۰۱۰/۱۸ تن کربن است که در صورت اجرای سناریوی توسعه متوازن، تفاوت ارزش خالص ایجادشده برابر با ۳۱۱.۸۱۷.۷۳۲/۲۹ دلار آمریکا خواهد بود.

حداکثر خسارت در هکتار اتلاف کربن ناشی از تخریب پوشش جنگلی تحت سناریوی تداوم روند موجود و توسعه متوازن، به ترتیب ۱۵۴۱/۵۱- و ۱۴۴۹/۱۷- دلار است. بر همین اساس، حداکثر ارزش اقتصادی توان ترسیب کربن در هکتار در اثر احیا یا حفظ پوشش جنگلی تحت سناریوی تداوم روند موجود و توسعه متوازن، به ترتیب ۲۴۴/۸۳۶ و ۱۵۸۱/۵۱ دلار است. دلیل این تفاوت چشمگیر آن است که در صورت اجرای سیاست‌های توسعه متوازن، توان ترسیب کربن در محدوده مورد مطالعه به‌صورت چشمگیری ارتقا می‌یابد. همچنین میانگین ارزش خالص فعلی ترسیب کربن تحت سناریوی تداوم روند موجود معادل با ۱۰۵/۷۴- دلار در هکتار است که به مفهوم افزایش اتلاف کربن و بروز خسارت ناشی از کاهش توان ترسیب در کل محدوده مورد مطالعه است. برعکس میانگین ارزش خالص فعلی ترسیب کربن تحت سناریوی توسعه متوازن، معادل ۷۷/۳۵ دلار در هکتار است که به مفهوم افزایش توان ترسیب کربن و کاهش خسارات ناشی از اتلاف آن در کل محدوده مورد مطالعه خواهد بود. برای مطالعه بیشتر از نحوه دستیابی به این نتایج به بخش‌های اصلی گزارش مراجعه نمایید.