Archive of SID

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۲، شماره ۲۳، بهار و تابستان ۱۴۰۰، از صفحه ۹۱ تا ۱۰۳

Dor: 20.1001.1.20089597.1400.12.23.8.8

برآورد و مقایسه میزان انباشت Co_2 دو توده پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در جنگل‌های ارسباران با توجه به شرایط فیزیوگرافی منطقه

راهله استادهاشمی*[۱]، رضا اخوان[۲]، عظیم عباسلو[۳]، قاسم صفاپور[۴]

۱ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

۲ دانشیار پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳ کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، AREEO، تبریز، ایران

۴ کارشناسی، دانشگاه گیلان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، AREEO، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۴؛ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷)

چکیده

روش‌های مختلفی برای تخمین میزان انباشت Co_2 و بررسی ساختار پیوستگی مکانی آن وجود دارد. این تحقیق به تخمین میزان انباشت Co_2 در رویه زمینی دو توده ممرز و ارس در جنگل‌های ارسباران و بررسی تاثیر عوامل فیزیوگرافی شیب، جهت و ارتفاع بر میزان انباشت Co_2 پرداخت و نیز پراکنش مکانی میزان انباشت Co_2 در دو توده با روش زمین آمار حاصل شد. نتایج نشان داد میانگین میزان انباشت Co_2 در دو توده ممرز و ارس به ترتیب ۳۵۸۵۸۹/۴۷ و ۹۹۹۲/۵۹ کیلوگرم در هکتار بود که اختلاف معنی‌داری در سطح p ۰/۰۵ بین آنها وجود داشت اما رابطه معنی‌داری بین تغییرات عوامل فیزیوگرافی و میزان انباشت Co_2 در دو توده وجود نداشت. در ادامه واریوگرام تجربی برای آنها رسم شد که دو توده ممرز و ارس به‌ترتیب با ۹۱٪ و ۹۹٪ دارای پیوستگی ساختار مکانی قوی بودند. سپس نقشه پراکنش انباشت Co_2 کل منطقه به‌دست آمد. با ارزیابی صحت مدل‌های به دست آمده، نتایج نشان داد که جذر میانگین مربعات خطا برای دو توده ممرز و ارس به‌ترتیب ۰/۳۰۸ و ۰/۳۳۴ کیلوگرم در هکتار بود که نتایج مبین آن است که با توجه به ساختار قوی مکانی و اثر قطعه‌ای کم در دو توده، میزان خطای مدل‌ها بسیار کم بوده و قابل قبول هستند. با توجه به اهمیت روزافزون تغییر اقلیم می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که با شناخت پتانسیل گونه‌هایی که توانایی بیشتری برای ترسیب کربن دارند و همچنین بررسی عوامل فیزیوگرافی تاثیرگذار بر فرایند ترسیب کربن، می‌توان اصلاح و احیای جنگل‌های ارسباران را از جنبه ترسیب کربن بهتر دنبال کرد.

کلید واژه‌ها: زمین آمار، ساختار مکانی، ارسباران، ممرز، ارس

* نویسنده مسئول:

Email: ra.oh.fo@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

سرآغاز

خدمات و کارکردهای اکوسیستم به دو بخش خدمات میانی و نهایی تقسیم می‌شوند. خدمات نهایی منفعت مستقیم برای رفاه بشر دارد اما خدمات میانی مثل ترسیب کربن به طور مستقیم مصرف نمی‌شود (Fisher & Turner, 2008). اکوسیستم‌های جنگلی خدمات زیادی فراهم می‌کنند مثل کاهش انتشار کربن، برطرف کردن آلودگی هوا، کاهش سر و صدا، تنظیم میکروکلیما و تفریح و تفرج. جنگل‌ها در بهتر کردن کیفیت محیط زیست، کیفیت زندگی و توسعه شهری پایدار نیز موثرند (Jo, 2002; Miller, 1997; Li &Wang, 2003). در سال ۱۹۹۷ پروتکل کیوتو که به منظور کاهش غلظت گاز گلخانه‌ای در اتمسفر تشکیل شد، عنوان کرد که کشورهای صنعتی توانایی کاهش میزان Co_2 را از طریق ترسیب با پروژه‌های جنگل‌کاری در کشورهای در حال توسعه دارند (Aukland et al., 2002). پروتکل کیوتو و UNFCCC[1] از کشورهای عضو خواستند تا به ارزیابی و گزارش در مورد انتشار گاز گلخانه‌ای شامل میزان انتشار و میزان جذب کربن توسط جنگل‌ها بپردازند. برآوردهای FRA[2] نشان می‌دهد که جنگل‌های جهان ۲۸۹ گیگاتن کربن را در بیوماس خود ذخیره می‌کنند و مدیریت پایدار، جنگل‌کاری و احیای جنگل‌ها می‌تواند سبب حفظ و افزایش موجودی کربن شود (FRA, 2010). طی زمان ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ میزان موجودی کربن در بیوماس جنگل سالانه ۰/۵ گیگاتن کاهش یافته که به دلیل کاهش سطح جنگل‌ها بوده است. جنگل‌ها ۲۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر از زمین‌های کشاورزی در هر واحد کربن را ذخیره می‌کنند (Ciesla, 1995). همچنین جنگل‌ها و درختان نقش اساسی در تعیین میزان انباشت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر دارند و به عنوان مخزن ذخیره کربن تقریبا معادل ۲ میلیارد تن دی‌اکسیدکربن در سال جذب می‌کنند. راه‌های مقابله با تغییر اقلیم جهانی شامل کاهش قطع درختان و جلوگیری از تخریب آنها، حفاظت جنگل‌ها، مدیریت پایدر جنگل‌ها و افزایش ذخیره کربن جنگل‌ها است که حتی با مدیریت صحیح آنها می‌توان ظرفیت انطباقی و ارتجاعی جنگل‌ها را برای مقابله با بلایای طبیعی اقلیمی کاهش داد (FAO, 2018). خدماتی چون ترسیب کربن و چرخه مواد غذایی که ناشی از توانایی جنگل‌ها در تنظیم میزان جذب کربن و فرونشت مواد غذایی است، می‌تواند با هزینه کمتری نسبت به دیگر اقدامات مانند کاهش سوخت فسیلی انجام شود (Gren, 2015).

دو مخزن اصلی ذخیره کربن در جنگل شامل بیوماس رویه زمینی درختان و کربن ذخیره شده در بخش زیرزمینی درختان و خاک که این دو بخش در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ حدود ۴/۱ تن کربن در سال را جذب کردند (Pan et al., 2011) که تقریبا معادل ۳۰٪ انتشار کربن از سوخت فسیلی در سال ۲۰۱۰ است (IPCC, 2014).

روش‌های مختلفی برای تخمین بیوماس و بررسی ساختار پیوستگی مکانی آن وجود دارد که شامل روش اندازه‌گیری مستقیم، استفاده از سنجش از دور برای مناطق وسیع و یا روش اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌سازی است. روش زمین آمار[3] نیز با مشاهده اطلاعات در موقعیت مکانی آنها بر اساس فاصله داده‌ها از یکدیگر عمل کرده و اختلاف واریانس بین نقاط مشاهده شده را بررسی و طبق آن به محاسبه می‌پردازد. این ارزیابی واریانس از طریق واریوگرام انجام می‌شود. واریوگرام، وابستگی مکانی بین داده‌ها از طریق فاصله آنها را مدل‌سازی می‌کند و طبق مدل‌ها، محاسبات انجام می‌شود که این محاسبات از طریق کریجینگ صورت می‌گیرد (Ripley, 1981; Webster & Oliver, 2007).

از آنجا که امروزه مشکلاتی مانند افزایش سوخت فسیلی، افزایش گاز گلخانه‌ای و گرمایش زمین سبب مخاطرات محیط‌زیستی شده است، دانشمندان در پی یافتن راه‌های مقابله با این مشکلات هستند که یکی از آنها راه‌هایی برای کاهش یا انباشت دی‌اکسیدکربن است که یکی از مهمترین منابع ذخیره دی‌اکسیدکربن در دنیا خاک، گونه‌های مختلف درختان و در کل جنگل‌ها هستند. پژوهش‌های مختلفی در این زمینه انجام شده که برخی از آنها به بررسی و برآورد میزان جذب Co_2 بر اساس نوع گونه درختی، تیپ جنگل، اجزای مختلف درختان و عوامل پرورشی موثر در افزایش ذخیره Co2 پرداخته‌اند (Mobarghaei et al., 2009). با استفاده از تیپ جنگل، نوع گونه‌ها، میزان تراکم پوشش گیاهی و میزان رویش سالانه در هکتار ابتدا نقشه میزان رویش سالانه در هکتار را تهیه و سپس با استفاده از رابطه میزان تولید زیست توده و میزان جذب دی‌اکسیدکربن، نقشه میزان جذب دی‌اکسیدکربن توسط بخشی از حوزه ۴۵ جنگل‌های خزری را تهیه کرد. (Varamesh, 2009) به برآورد ترسیب کربن توده‌های ۴۰ ساله کاج تهران، سرو نقره‌ای، اقاقیا و

www.SID.ir

Archive of SID

زبان‌گنجشک کاشته شده در پارک جنگلی چیتگر تهران پرداخت. نتایج نشان داد توده‌های کاج تهران، سرو نقره‌ای، اقاقیا و زبان‌گنجشک به‌ترتیب منجر به افزایش ترسیب کربن به مقدار ۵۱۴/۲، ۳۱۷/۴، ۴۸۲/۵۵ و ۱۳۹/۹ تن در هکتار نسبت به مرتع مخروبه اطراف شدند. ارزش بیوماس سطح زمین بیشترین سهم را در ترسیب کربن داشت. مقدار ترسیب کربن در توده کاج تهران بیشتر از سایر توده‌ها بود. مقادیر قطر برابر سینه، ارتفاع، سطح مقطع، بیوماس و حجم در هکتار نیز در کاج تهران به طور معنی‌داری بیشتراز توده‌های دیگر بود. (Panahi et al., 2011) به بررسی زیتوده و ذخیره کربن برگ گونه بنه در باغ گیاه‌شناسی پرداختند که بر اساس نتایج حاصل، متوسط زیتوده برگ، متوسط ذخیره کربن برگ و متوسط مقدار جذب دی اکسید کربن از جو در هکتار به ترتیب ۶۹/۴، ۲۶/۲ و ۹۶/۳ کیلوگرم به دست آمد و از این نظر اختلاف بین طبقه‌های قطری مختلف درختان نمونه معنی‌دار نبود. در بررسی روابط آلومتریک نیز پس از تعیین روابط رگرسیونی مناسب مشخص شد که فاکتور قطر متوسط تاج، تاثیرگذار ترین متغیر بر زیتوده برگ و ذخیره کربن برگ است . (Fatholahi et al., 2013) به مقایسه میان میزان ذخیره کربن در رویشگاه‌های طبیعی و جنگل‌کاری دو گونه افرا و ممرز در جنگل آموزشی پژوهشی دارابکلا پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان ذخیره کربن در مناطق جنگل‌کاری شده در مقایسه با جنگل طبیعی برای گونه افرا اختلاف معنی‌داری نداشته ولی برای گونه ممرز در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است. همچنین، میزان ذخیره کربن جنگل طبیعی در هر دو گونه افرا و ممرز اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد داشت و در مناطق جنگل‌کاری شده این گونه‌ها در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند که میزان افرا بیشتر از ممرز محاسبه شد. در مجموع بررسی‌ها نشان داد که در هر دو رویشگاه مورد مطالعه، ذخیره کربن گونه ممرز بیشتر از گونه افرا بوده است. (Hytönen et al., 2018) به مطالعه میزان تولید بیوماس و ترسیب کربن رویه زمینی و زیرزمینی توده جنگل‌کاری شده توس ۱۰ تا ۳۰ ساله در منطقه تورب‌زاری در فنلاند پرداختند. نتایج نشان داد که با تنک طبیعی که سبب کاهش تراکم درختان در هکتار شد، میزان بیوماس رویه زمینی از ۱۷ تا ۱۱۶–۷۹ تن در هکتار افزایش یافت. بیوماس کل تنه و ریشه بین ۴۶ تا ۱۵۱ تن در هکتار به‌دست آمد.

برخی از مطالعات نیز به عوامل اکولوژی، فیزیوگرافی و جغرافیایی موثر در جذب Co_2 در مناطق جنگلی پرداخته‌اند. (Marshall et al., 2012) به اندازه‌گیری و مدل‌سازی میزان کربن رویه زمینی درختان تروپیکال تانزانیا در گرادیان ارتفاعی (۱۲۱–۲۶۳۶) پرداختند. بیشترین کربن رویه زمینی مربوط به مناطق با شیب‌های کم، طبقات میانی ارتفاع، تبخیر و تعرق کم و خاک‌های با pH کم بود. همچنین نتایج نشان داد که تاثیر سطح مقطع، تراکم تنه و ارتفاع درخت در اندازه‌گیری کربن رویه زمینی نسبت به جرم حجمی گونه‌ها بیشتر است. (Vahedi & Mattagi, 2014) میزان توزیع ترسیب کربن تنه درختان بلوط را با توجه به عوامل فیزیوگرافی (شیب، جهت، ارتفاع) جنگل طبیعی گلندرود در شمال کشور بررسی کردند. نتایج نشان داد که توزیع مقادیر ترسیب کربن تنه درختان بلوط درواحدهای مختلف فیزیوگرافی دارای اختلاف معنی دار نمی‌باشند که نشان می‌دهد توزیع ترسیب کربن تنه درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه مستقل از تأثیرات فیزیکی محیط می‌باشد (Teimouri et al., 2014) به محاسبه مقدار اراضی جنگلی برای جذب میزان گاز Co_2 منتشر شده از سوخت‌های فسیلی نفت و گازوئیل با استفاده از روش جاپای اکولوژیک (EF) در سطح کلانشهر شیراز پرداختند که میزان انتشار این گاز طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ بررسی شد و نتایج نشان داد حجم گازهای منتشر شده در این سه سال به ترتیب ۵۲۱۰۵۸، ۴۷۶۷۶۷ و ۴۹۰۱۰۶ تن بوده که کل اراضی جنگلی مورد نیاز برای جذب گاز دی‌اکسیدکربن در طی این سه سال به ترتیب ۷۸۱۶، ۷۱۲۵ و ۷۳۵۲ هکتار بوده که با توجه به مساحت فضای سبز فعلی شهر، گاز دی‌اکسیدکربن تولید شده ۳/۹ برابر ظرفیت زیستی شهر بوده است. (Li et al., 2016) به بررسی تغییرات مکانی و زمانی همبستگی نسبی بین گسترش مکانی (سطح جنگل) و رشد جنگل (افزایش بیوماس) با میزان ذخیره کربن در جنگل در بازه زمانی ۳۰ سال در جنگل‌های چین پرداختند. نتایج نشان داد در جنگل‌کاری‌ها، گسترش مکانی جنگل نسبت به رشد جنگل سهم بیشتری در میزان ذخیره کربن جنگل داشت (۶۲/۲ ٪ نسبت به ۳۷/۸ ٪). در صورتی که در جنگل‌های طبیعی، رشد جنگل نسبت به گسترش مکانی جنگل سهم بیشتری در میزان ذخیره کربن جنگل داشت (۶۰/۴ ٪ نسبت به ۳۹/۶٪). میزان رویش و تراکم در جنگل‌های طبیعی و دست کاشت به یک نسبت در میزان ذخیره کربن موثر بودند (۵۰/۴ ٪ نسبت به ۴۹/۶ ٪). همبستگی نسبی رشد جنگل در جنگل‌کاری‌ها یک افزایش از ۲۵/۳ ٪ تا ۶۱٪ در طول ۵ سال

www.SID.ir

Archive of SID

را نشان داد اما در جنگل‌های طبیعی به علت تغییرات شدید در سطح جنگل و تراکم بیوماس در طول ۳۰ سال همبستگی نسبی بسیار متغیر بود. (Kim et al., 2016) به درون‌یابی مکانی بیوماس رویه زمینی جنگل‌های شرق اندونزی پرداختند که از روش زمین آمار برای تخمین ساختار پیوستگی مکانی بیوماس رویه زمینی استفاده کردند. تخمین پراکنش مکانی بیوماس رویه زمینی به دو روش کلی (همبستگی واحد در کل منطقه مورد مطالعه و استفاده از کل داده‌ها) و طبقه‌ای(طبقه‌بندی منطقه بر اساس نوع پوشش زمین و استفاده از داده‌های هر لایه به‌طور جداگانه) انجام شد. نتایج نشان داد میزان بیوماس کل رویه زمینی به ترتیب برای روش کلی و طبقه‌ای ۱۶۱/۹۲ و ۱۶۳/۰۵ تن در هکتار بود و اختلاف معنی‌داری بین دو روش وجود نداشت. (Niknezhad et al., 2017) به ارزیابی توان اکولوژیک و تخمین زیتوده رو زمینی جنگل‌کاری‌های حوزه دارابکلا در شهرستان ساری پرداختند تا بر اساس دو هدف توان اکولوژیکی منطقه و میزان موجودی کربن در هکتار هر گونه جنگل‌کاری شده، به توسعه چنگلکاری با گونه‌های مناسب پرداخته شود. نتایج نشان داد به ترتیب بلندمازو، پلت، ون و شیردار بیشترین میزان موجودی کربن در هکتار را به خود اختصاص دادند.

با توجه به اهمیت موضوع تغییر اقلیم جهانی و شرایط بحرانی محیط‌زیست ایران لازم است تا با افزایش پتانسیل مناطق جنگلی به معرفی راهکارهای مناسب برای مقابله با افزایش گاز گلخانه‌ای پرداخته شود. با توجه به این که یکی از مهمترین سیاست‌گذاری‌های سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور حفظ و احیای جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهمترین ذخیره‌گاه‌های دی‌اکسیدکربن است. بنابراین، در این مقاله به منظور احیای یکی از مهمترین مناطق جنگلی ایران، به مقایسه پتانسیل جذب دی‌اکسیدکربن دو گونه مختلف درختی که از مهمترین گونه‌های بومی منطقه ارسباران است بر اساس شرایط فیزیوگرافی پرداخته شد. هدف از تحقیق حاضر تخمین میزان انباشت Co_2 در رویه زمینی جنگل‌های ارسباران به تفکیک دو گونه غالب پهن‌برگ و سوزنی‌برگ ممرز و ارس و بررسی تاثیر عوامل فیزیوگرافی شیب، جهت و ارتفاع بر میزان انباشت Co_2 در رویه زمینی این جنگل‌هاست. همچنین با بررسی کارایی روش زمین آمار به منظور تعیین پراکنش مکانی میزان انباشت Co_2 در توده‌های مورد مطالعه می‌توان به ساختار مکانی توده‌ها پی برد و از این نتایج در آماربرداری، پایش و مدیریت جنگل‌های ارسباران به منظور جنگل‌کاری و احیای این جنگل‌های باارزش استفاده کرد.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های ارسباران در شمال‌غرب کشور، واقع در نیمرخ شمالی کوه‌های قره‌داغ و در امتداد رود ارس قرار گرفته است که به عنوان منطقه حفاظت شده ثبت شده است و همچنین جزو نواحی ۱۰۳ گانه بیوسفر جهان نیز است و از تنوع گونه‌ای بالایی برخوردار است. این جنگل‌ها پهن برگ و خزان‌کننده هستند و دارای بیش از ۹۷ گونه درختی و درختچه‌ای می‌باشند (Javanshir, 1976). سطح این جنگل‌ها حدود ۱۷۰۰۰۰ هکتار است و ساختار غالب توده‌های جوان، دانه و شاخه‌زاد با فراوانی شاخه‌زادهاست. میزان بارش در این منطقه به طور متوسط ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلیمتر در سال است. گونه ممرز با بیشترین درصد فراوانی با گسترش ارتفاعی ۱۰۰۰ الی ۲۰۰۰ متر از سطح دریا، گونه غالب را در شرایط مناسب اقلیمی و خاکی در دامنه‌های جنگل‌های ارسباران تشکیل می‌دهد (Alijanpour, 1996). علاوه بر جنگل‌های پهن‌برگ، جنگل‌های ارس نیز در منطقه وجود دارد که از نظر حفاظتی بسیار با ارزش هستند. مشخصات و موقعیت پارسل‌های انتخابی در جدول (۱) و شکل (۱) ارایه شده است.

روش کار

تخمین میزان انباشت Co_2 در توده ممرز و ارس

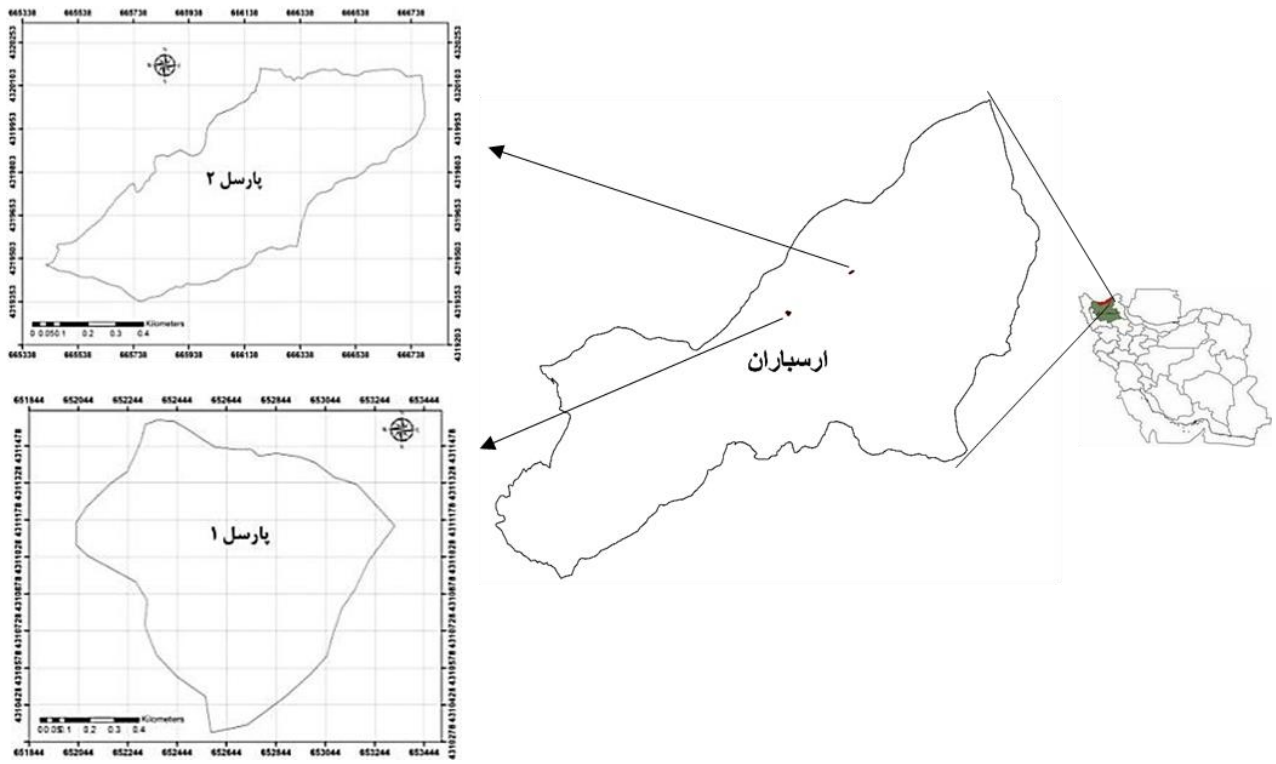
به منظور بررسی میزان جذب Co_2 به وسیله جنگل‌های طبیعی ارسباران و مقایسه میزان انباشت کربن در رویه زمینی توده‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، دو گونه غالب ممرز (*Carpinmus betulus*) و ارس (*Juniperus foetidissima*) در جنگل‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ ارسباران انتخاب شدند. پس از انتخاب دو پارسل موردنظر (طبیعی، حفاظتی، تقریبا خالص)، قطعات نمونه دایره‌ای به روش تصادفی سیستماتیک در این پارسل‌ها پیاده شد. در توده ممرز به دلیل تراکم بسیار زیاد درختان، سطح پلات ۳ آر[۴] در نظر گرفته شد (Alijanpour, 2000) و در هر قطعه نمونه، پارامترهای قطر برابر سینه کل درختان، ارتفاع نزدیکترین و قطورترین درخت به مرکز، درصد تاج پوشش، تعداد آشکوب، شیب و ارتفاع از سطح دریا اندازه‌گیری و مشخصات کلی منطقه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۱): مشخصات پارسل‌های انتخابی و نحوه نمونه‌برداری در آنها

نوع جنگل	نوع گونه	مساحت پارسل (هکتار)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شیب (درصد)	جهت جغرافیایی	گونه همراه	شبکه آماربرداری (متر)	سطح قطعه نمونه(آر)	تعداد پلات	تعداد درخت اندازه‌گیری شده
پهن برگ	ممرز *(Carpinmus betulus)*	۹۳/۵	۱۷۱۲- ۱۱۷۰	۷۵-۲۵	شمال، شمال‌غرب، شمال‌شرق	سرخدار	۱۵۰*۲۰۰	۳	۳۱	۱۴۳۷
سوزنی برگ	ارس *(Juniperus foetidissima)*	۵۰	۸۴۵- ۶۵۰	۹۰-۲۵	شمال، غرب، شرق	بنه، بلوط	۱۰۰*۱۰۰	۱۰	۳۳	۹۴۵



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

و مختصات مرکز هر قطعه نمونه در فرم آماربرداری ثبت شد. سپس با استفاده از معادله (۱)، حجم تنه درختان بر حسب مترمکعب محاسبه شد که در این فرمول d قطر برابر سینه درخت بر حسب سانتی‌متر، h ارتفاع درخت بر حسب متر و f ضریب شکل درخت است که می‌توان به طور تقریبی آن را ۰/۵ در نظر گرفت (Pretzsch, 2009).

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 \times h \times f \qquad (۱)$$

پس از آن به منظور محاسبه بیوماس تنه درختان بر حسب کیلوگرم از معادله (۲) استفاده شد که در آن V حجم درخت بر حسب مترمکعب و R جرم حجمی درخت بر حسب کیلوگرم/ مترمکعب است. با توجه به تحقیقات انجام شده جرم حجمی ممرز ۷۹۰ و ارس۶۹۰ کیلوگرم/ مترمکعب در نظر گرفته شد (Schweingruber, 2013; Crivellaro & Soleimani & Parsapajouh, 1974; Hejazi, 2005).

$$W = V \times R \qquad (۲)$$

به منظور محاسبه بیوماس کل رویه زمینی درختان از ضرایب

www.SID.ir

Archive of SID

تبدیل ارایه شده توسط IPCC[5] استفاده شد که در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول (۲): ضرایب تبدیل بیوماس تنه درختان به بیوماس کل رویه زمینی
(IPCC Good Practice Guidance for LULUCF)

ناحیه اقلیمی	نوع جنگل	BEF2 (ضریب تبدیل)
معتدله	سوزنی‌برگ	۱/۳ (۱/۱۵-۴/۲)
	پهن‌برگ	۱/۴ (۱/۱۵-۳/۲)

در ادامه با استفاده از فرمول فتوسنتز (معادله ۳) (Li et al., 2006; Gue et al., 2001) و با توجه به این که برای تولید ۱۶۲ گرم ماده خشک، ۲۶۴ گرم Co_2 لازم است یعنی به ازای تولید هر گرم ماده خشک به میزان ۱/۶۳ گرم Co_2 توسط اکوسیستم جنگلی تثبیت می‌شود، در نتیجه با استفاده از همین ضریب، میزان Co_2 جذب شده توسط هر درخت در قطعات نمونه مختلف و در نهایت میزان انباشت Co_2 به ازای هر هکتار از جنگل‌های ممرز و ارس محاسبه شد.

(۳)

$$Co2\ (264g) + H2o\ (108g) \rightarrow C6H12O6\ (180g) + O_2\ (193g) \rightarrow Amylase\ (162g)$$

بررسی تغییرات میزان انباشت Co_2 در دو توده ممرز و ارس بر اساس عوامل فیزیوگرافی

پس از بررسی نرمالیته و همگنی واریانس داده‌های به‌دست آمده از میانگین موجودی Co_2 در هر هکتار از قطعات نمونه مختلف، به منظور مقایسه دو توده از نظر ذخیره Co_2، از آزمون t استفاده شد. سپس به منظور بررسی تغییرات میزان انباشت Co_2 بر اساس عوامل فیزیوگرافی، کلاسه‌بندی ارتفاع، شیب و جهت با توجه به دامنه تغییرات در پارسل‌های انتخابی صورت گرفت که در جدول (۳) ارایه شده است. برای بررسی این تغییرات از آزمون تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شد. به منظور انجام آزمون‌های ذکر شده از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد.

تهیه نقشه پراکنش مکانی میزان انباشت Co_2 در دو توده ممرز و ارس به روش زمین آمار

زمین آمار با در نظر گرفتن موقعیت مکانی نمونه‌ها به تجزیه و تحلیل آماری می‌پردازد. تخمین زمین آماری بر اساس دو مولفه مدل‌سازی ساختار مکانی با استفاده از واریوگرام و تخمین زمین

جدول (۳): کلاسه‌بندی عوامل فیزیوگرافی بر اساس دامنه تغییرات در پارسل‌های انتخابی

متغیر	ممرز	ارس
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۱۰۰–۱۳۵۰ ۱۳۵۰–۱۵۵۰ ۱۵۵۰–۱۷۵۰	۶۵۰–۷۵۰ ۷۵۰–۸۵۰
شیب (درصد)	۲۵–۴۵ ۴۵–۶۵ ۶۵–۸۵	۲۵–۴۵ ۴۵–۶۵ ۶۵–۹۰
جهت جغرافیایی	شمال بقیه جهت‌ها	شمال شرق غرب

آمار به روش کریجینگ صورت می‌گیرد (Hasani Pak, 2015). واریوگرام (نمودار اختلاف واریانس بین داده‌ها) قلب زمین آمار است، در نتیجه برآورد، تفسیر و مدل‌سازی آن به روش درست بسیار اهمیت دارد (Webster & Oliver, 2007). در این تحقیق پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، واریوگرام نمونه‌های برداشت شده رسم شد تا مشخص شود که آیا ارتباط مکانی بین نمونه‌ها وجود دارد یا خیر که با محاسبه درصد ساختار مکانی سنجیده می‌شود (معادله ۴). سپس مدل ریاضی مناسب بر روی واریوگرام برازش شده و در ادمه تخمین زمین آمار به روش کریجینگ معمولی- بلوکی صورت گرفت. در نهایت به منظور ارزیابی مدل و برآوردها، ارزیابی صحت به روش ارزیابی متقابل (Cross-Validation) صورت گرفت. به منظور انجام مراحل بالا از نرم‌افزار GS^+ 5.3.2 و Arc GIS 10.3 استفاده شد.

$$Spatial\ structure = \frac{C}{Co+C} \times 100 \qquad (۴)$$

که در این معادله C واریانس ساختاردار و Co اثر قطعه‌ای (واریانس بدون ساختار) است.

نتایج

نتایج مقایسه میانگین Co_2 ذخیره شده در هر هکتار از جنگل‌های پهن‌برگ (ممرز) و سوزنی‌برگ (ارس) در دو پارسل انتخابی نشان داد که این دو گونه از نظر جذب و ذخیره Co_2 اختلاف معنی‌دار دارند (جدول ۴). که با توجه به مقدار عددی میانگین، می‌توان مشاهده کرد که میزان انباشت Co_2 در یک هکتار از جنگل‌های ممرز نسبت به یک هکتار از جنگل‌های ارس به مقدار قابل توجهی بیشتر است (جدول ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۴): مقایسه میانگین Co_2 ذخیره شده در هر هکتار از جنگل‌های پهن‌برگ(ممرز) و سوزنی‌برگ(ارس) با آزمون t

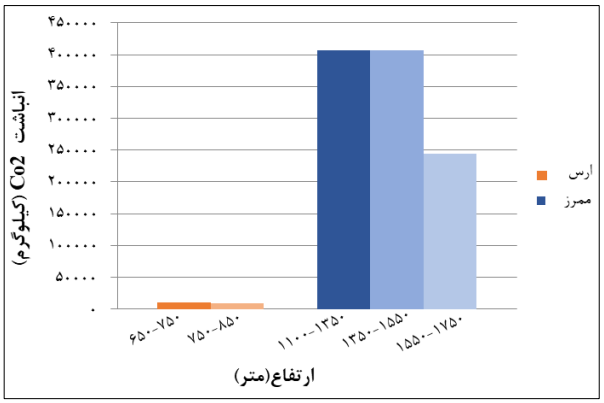
گونه	تعداد قطعه نمونه	در هکتارCo_2 میانگین جذب	t مقدار آماره	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
ممرز	۲۷	۳۵۸۵۸۹/۴۷۷	۱۰/۷۲۳	۵۸	۰/۰۰۰
ارس	۳۳	۹۹۹۲/۵۹۶			

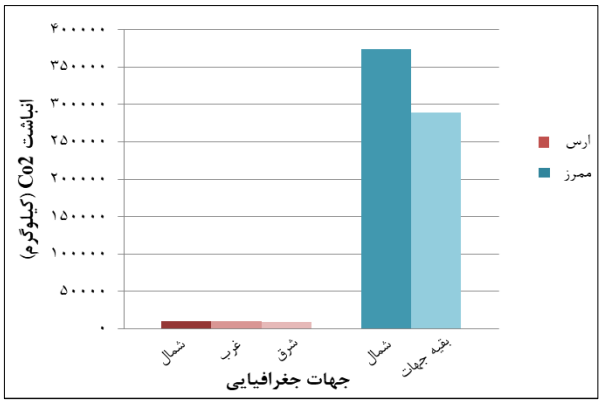
با بررسی عوامل فیزیوگرافی و تاثیر ارتفاع، شیب و جهت بر میزان انباشت Co_2 در توده ممرز و ارس، نتایج نشان داد در هر دو توده اختلاف معنی‌داری بین میزان انباشت Co_2 در گرادیان ارتفاع، شیب و جهات جغرافیایی وجود نداشت (جدول ۵).

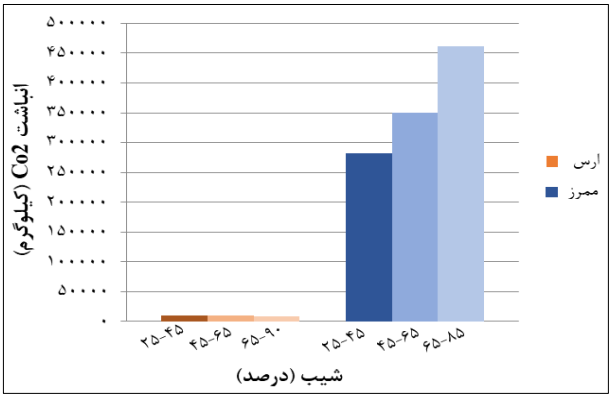
با وجود عدم اختلاف معنی‌دار بین عوامل فیزیوگرافی با میزان انباشت Co_2، با توجه به شکل (۲) مشاهده که تغییرات میزان انباشت Co_2 در توده ممرز نسبت به توده ارس بیشتر بوده و کاهش میزان انباشت Co_2 با افزایش ارتفاع، افزایش میزان انباشت Co_2 با افزایش درصد شیب و افزایش میزان انباشت Co_2 در جهت شمال جغرافیایی نسبت به بقیه جهات جغرافیایی در توده ممرز به چشم می‌خورد.

جدول(۵): بررسی تاثیر ارتفاع، شیب و جهت بر میزان انباشت Co_2 در توده ممرز و ارس

گونه		درجه آزادی	F مقدار آماره	t مقدار آماره	سطح معنی‌داری
ممرز	ارتفاع	۲	۲/۳۵۳		۰/۱۱۷
	شیب	۲	۱/۸۵۲		۰/۱۷۹
	جهت	۲۵		-۰/۹۱۴	۰/۳۶۹
ارس	شیب	۲	۰/۱۴۸		۰/۸۶۳
	جهت	۲	۰/۱۴۲		۰/۸۶۸
	ارتفاع	۳۱		۰/۷۷۵	۰/۴۴۴







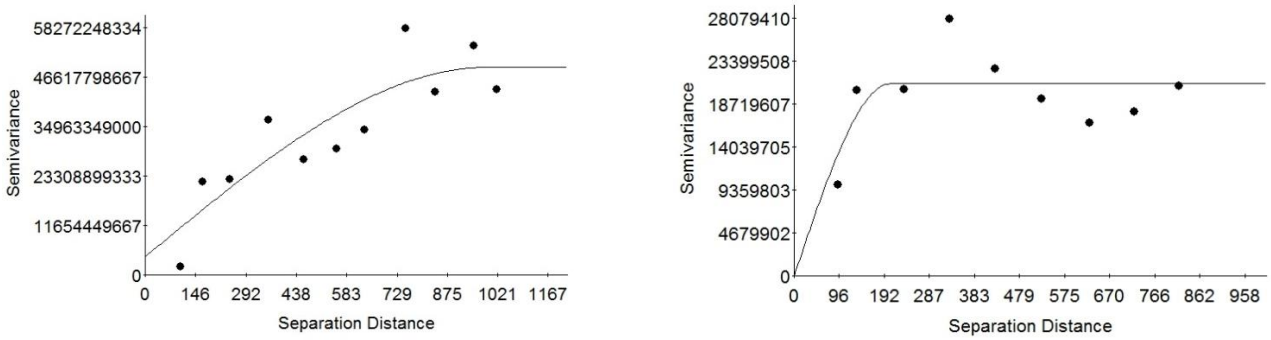
شکل (۲): تغییرات میزان انباشت Co_2 در ارتفاع، شیب و جهات مختلف جغرافیایی در دو توده ممرز و ارس

با رسم واریوگرام تجربی و برازش مدل (شکل ۳)، به بررسی میزان درصد ساختار مکانی و دیگر مشخصات مدل پرداخته شد که نتایج آن در جدول (۶) ارایه شده است. نتایج نشان داد که توده ممرز و ارس به‌ترتیب با ۹۱٪ و ۹۹٪ دارای پیوستگی ساختار مکانی قوی هستند. مدل کروی برازش شده که بیشتر در مطالعات اکولوژیکی و محیط زیستی کاربرد دارد نشان داد که اثر قطعه‌ای مربوط به هر دو توده بسیار کم و در توده ارس نزدیک

www.SID.ir

Archive of SID

به صفر بود که نشان‌دهنده تغییرات کم در جفت داده‌های مربوط به میزان انباشت Co_2 در هکتار در دو توده در طول مسیر پلات‌ها است.

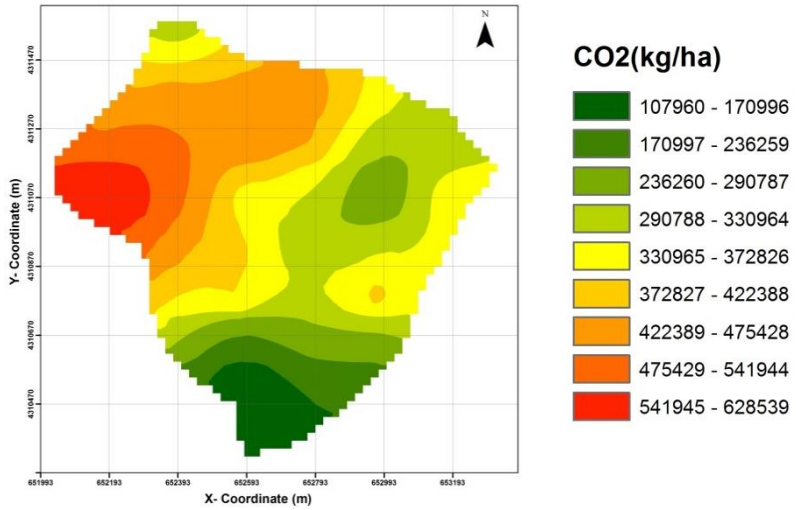


شکل (۳): واریوگرام تجربی و مدل کروی برازش شده دو توده ممرز (سمت چپ) و ارس(سمت راست)

جدول (۶): مشخصات مدل برازش شده برای واریوگرام تجربی

توده جنگلی	مدل برازش شده	اثر قطعه‌ای	سقف	دامنه تاثیر	ساختار مکانی	r^2	RMSE
ممرز	کروی	۴۳۰۰۰۰۰۰۰	۴۸۹۵۰۰۰۰۰۰	۹۹۵	۰/۹۱	۰/۷۶۶	۰/۳۰۸
ارس	کروی	۱۰۰۰۰	۲۰۹۳۰۰۰۰	۲۰۵	۰/۹۹	۰/۴۷۹	۰/۳۳۴

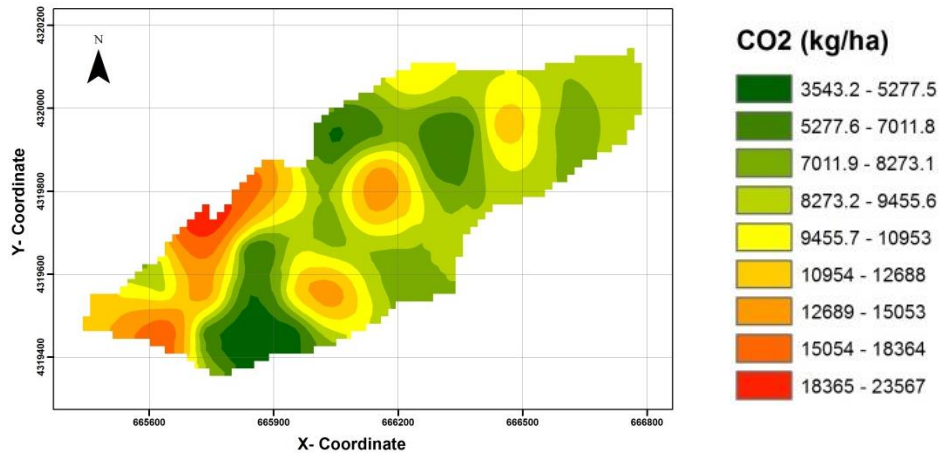
در ادامه تخمین زمین آماری پراکنش میزان انباشت Co_2 در این دو توده با روش کریجینگ معمولی- بلوکی انجام شد و نقشه میزان Co_2 کل منطقه در شکل‌های (۴ و ۵) ارایه شده است. میزان Co_2 به دست آمده به روش تخمینی کریجینگ بین ۱۰۷۹۶۰ تا ۶۲۸۵۳۹ کیلوگرم/هکتار برای توده ممرز و بین ۳۵۴۳ و ۲۳۵۶۷ کیلوگرم/هکتار برای توده ارس محاسبه شد.



شکل(۴): نقشه درون یابی کریجینگ پراکنش مکانی میزان انباشت Co2 در هکتار توده ممرز(کیلوگرم)

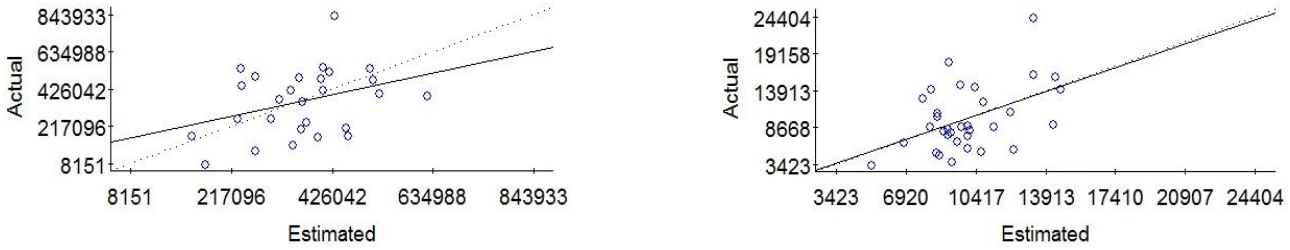
www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۵): نقشه درون یابی کریجینگ پراکنش مکانی میزان انباشت Co2در هکتار توده ارس(کیلوگرم)

نتایج ارزیابی صحت، با استفاده از روش ارزیابی متقابل انجام شد و جذر میانگین مربعات خطای (RMSE) مدل‌های به‌دست آمده با ۰/۳۰۸ و ۰/۳۳۴ کیلوگرم/هکتار به‌ترتیب برای دو توده ممرز و ارس محاسبه شد. از آنجا که این مقدار آماره هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، بهتر است (Webster & Oliver, 2007). نتایج مبین آن است که با توجه به ساختار قوی مکانی و اثر قطعه‌ای کم در دو توده مورد مطالعه، میزان خطای مدل‌ها بسیار کم بوده است و قابل قبول هستند.



شکل (۶): ارزیابی متقابل بین میزان انباشت Co_2 اندازه‌گیری شده (محور عمودی) و برآورد شده(محور افقی) برای توده ممرز(سمت چپ) و توده ارس(سمت راست)

بحث و نتیجه‌گیری

تغییر در میزان ترسیب کربن جنگل‌ها رابطه مستقیمی با گسترش مکانی (افزایش سطح جنگل) و رشد جنگل (افزایش تراکم بیوماس) دارد. ارزیابی همبستگی نسبی بین گسترش مکانی و رشد جنگل با میزان ذخیره کربن در جنگل عامل مهمی در کنترل مکانیسم میزان جذب کربن توسط جنگل است و در سیاست‌گذاری‌های مدیریت پایدار جنگل برای مقابله با تغییر اقلیم بسیار مفید است (Li et al., 2016). در این تحقیق ابتدا میزان انباشت Co_2 در رویه زمینی جنگل‌های طبیعی ارسباران در دو توده پهن‌برگ ممرز (*Carpinmus betulus*) و سوزنی‌برگ ارس (*Juniperus foetidissima*) برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. نتایج نشان داد میانگین میزان انباشت Co_2 در دو توده ممرز و ارس به ترتیب ۳۵۸۵۸۹/۴۷ و ۹۹۹۲/۵۹ کیلوگرم در هکتار است که اختلاف معنی‌داری در سطح p ۰/۰۵ بین آنها وجود داشت که در توده پهن‌برگ ممرز به مراتب بیشتر از توده سوزنی‌برگ ارس است که با توجه به شرایط رویشگاه ارس که در مناطق سنگلاخی و خاک کم عمق قرار دارد، در نتیجه رویش سالانه پایین داشته که سبب کاهش حجم در هکتار آن شده است. حجم در هکتار جنگل رابطه مستقیم با میزان بیوماس جنگل داشته و در نتیجه به افزایش ذخیره کربن کمک می‌نماید (Mahmoudi Taleghani et al., 2007). Ma et al.,) 2017) به برآورد میزان بیوماس رویه زمینی جنگل‌های پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و مخلوط با استفاده از اطلاعات ماهواری در شمال شرق چین پرداختند. نتایج آنها نیز نشان داد که به

www.SID.ir

Archive of SID

ترتیب جنگل پهن‌برگ (صنوبر، توس و بلوط)، جنگل مخلوط(کاج کره‌ای، نوئل، نراد، ون، نارون و افرا) و جنگل سوزنی‌برگ (لاریکس، کاج جنگلی) با میانگین بیوماس ۱۲۹/۲، ۱۲۷/۲ و ۸۴ تن در هکتار به ترتیب بیشترین بیوماس رویه زمینی را تولید کردند.

در ادامه با بررسی عوامل فیزیوگرافی شیب، جهت و ارتفاع، میزان تاثیر هر عامل در میزان انباشت Co_2 در دو توده ممرز و ارس بررسی شد. نتایج نشان داد که در هر دو توده، رابطه معنی‌داری بین تغییرات عوامل فیزیوگرافی و میزان انباشت Co_2 وجود نداشت. با این وجود تغییرات میزان انباشت Co_2 در گرادیان ارتفاعی، شیب و جهات جغرافیایی در توده ممرز بیشتر بود و در توده ارس این تغییرات بسیار ناچیز بود که این امر با توجه به خصوصیات اکولوژی دو گونه قابل قبول است. (Vahedi & Mattagi, 2014) نیز با بررسی توزیع مقادیر ترسیب کربن تنه درختان بلوط در واحدهای مختلف فیزیوگرافی در شمال کشور، نشان دادند که توزیع ترسیب کربن تنه درختان بلوط در منطقه مورد مطالعه مستقل از تأثیرات فیزیکی محیط می‌باشد. همچنین (Khademi et al., 2009) به بررسی مقدار زیتوده در جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط، در شمال شرق خلخال و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و خاک پرداخته و نتایج نشان داد که بیوماس اندام‌های مختلف آوری به طور متوسط ۲۳/۴ تن در هکتار بوده که از این مقدار ۶۵/۲٪ درصد مربوط به اندام هوایی، ۲۹/۲٪ اندام زیرزمینی و ۵/۶٪ مربوط به لاشریزه بوده است. همچنین از بین شرایط محیطی رویشگاه، ارتفاع از سطح دریا و درصد تراکم تاج پوشش رابطهٔ معنی‌داری با مقدار بیوماس داشتند.

در آخر به منظور بررسی پراکنش مکانی میزان انباشت Co_2 در دو توده جنگلی ممرز و ارس از روش تخمینی زمین آمار استفاده شد که روشی مبتنی بر رسم واریوگرام و مدل است. ابتدا پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، واریوگرام مربوط به دو توده رسم شد و نتایج نشان داد که با توجه به مقدار اثر قطعه‌ای کم، دو توده ممرز و ارس به‌ترتیب با ۹۱٪ و ۹۹٪ دارای پیوستگی ساختار مکانی قوی هستند که می‌تواند به دلیل تغییرات کم در داده‌های مربوط به میزان انباشت Co_2 در هکتار در پلات‌های انتخابی در دو توده باشد. سپس با استفاده از روش کریجینگ معمولی- بلوکی، نقشه پراکنش میزان Co_2 کل منطقه به‌دست آمد. میزان Co_2 به دست آمده به روش تخمینی کریجینگ بین ۱۰۷۹۶۰ تا ۶۲۸۵۳۹ کیلوگرم/هکتار برای توده ممرز و بین ۳۵۴۳ تا ۲۳۵۶۷ کیلوگرم/هکتار برای توده ارس محاسبه شد. بزرگی شعاع تاثیر و همچنین کوچک بودن میزان اثر قطعه‌ای در دو توده، نشان‌دهنده درجه پیوستگی مکانی زیاد است که نشان می‌دهد توده‌ها از همگنی خوبی برخوردار بودند. (Akhavan et al., 2006) به بررسی ساختار مکانی و برآورد موجودی حجمی جنگل‌های شمال کشور با استفاده از روش زمین آمار پرداختند. واریوگرام تجربی ترسیم شد که اثر قطعه‌ای آن بیش از ۸۰ درصد بود. واریوگرام به‌دست آمده نشان داد که تغییرپذیری زیاد در فواصل کمتر از ۵۰ متر وجود دارد و ساختار مکانی موجود ضعیف است و نتیجه گرفتند که با روش نمونه‌برداری به کار رفته، استفاده از روش زمین آمار، برای برآورد موجودی حجمی در این جنگل مناسب نیست.

به منظور ارزیابی مدل‌های به‌دست آمده در این تحقیق، از روش ارزیابی متقابل (Cross-Validation) استفاده شد که میزان آماره جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) مورد بررسی قرار گرفت. مقدار این آماره برای دو توده ممرز و ارس به‌ترتیب ۰/۳۰۸ و ۰/۳۳۴ کیلوگرم/ هکتار محاسبه شد. از آنجا که این مقدار آماره هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، بهتر است. نتایج مبین آن است که با توجه به ساختار قوی مکانی و اثر قطعه‌ای کم در دو توده مورد مطالعه، میزان خطای مدل‌ها بسیار کم بوده است و قابل قبول هستند. نتایج تخمین پراکنش مکانی بیوماس رویه زمینی جنگل‌های شرق اندونزی به دو روش کلی و طبقه‌ای نشان داد که خطای استاندارد حاصل از کریجینگ به دلیل اثر قطعه‌ای بالا، زیاد بود و برای کاهش خطا باید شدت آماربرداری با پلات‌های بیشتر یا استفاده از مدل دقیق‌تر برای محاسبه بیوماس استفاده شود (Kim et al., 2016).

اطلاعات به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که استفاده از روش زمین آمار برای تخمین بیوماس و در نتیجه میزان انباشت Co_2 در مناطق همگن مناسب است و می‌تواند راهنمای خوبی برای مطالعه کلی منطقه و برآوردهای دقیق‌تر در آینده باشد. یعنی با توجه به شرایط سخت توپوگرافی منطقه ارسباران می‌توان این منطقه جنگلی را به واحدهای همگن‌تر تفکیک کرد تا هزینه و شدت آماربرداری برای اندازه‌گیری و تخمین بیوماس کاهش یابد اما دقت آماری را بالا برد. همچنین با محاسبه دامنه تاثیر و طول گام در زمین آمار می‌توان در انتخاب تعداد قطعه نمونه مورد نیاز برای بررسی کل منطقه و استفاده از شبکه

www.SID.ir

Archive of SID

آماربرداری مناسب، دقت بیشتری کرد و با توجه به هزینه بالای آماربرداری و وقت‌گیر بودن کار تعداد پلات‌های برداشت را به حداقل رساند. (Regis Raimundo et al., 2017) به منظور کاهش شدت آماربرداری و تعداد پلات موردنظر برای اندازه‌گیری و پابش رویش حجم جنگل دستکاشت اکالیتوس در برزیل از روش زمین آمار استفاده کرد و نشان داد که با تفکیک جنگل به توده‌های همگن‌تر، با این روش می‌توان شدت آماربرداری و هزینه را کم کرد اما دقت و اطمینان آماری را بهبود بخشید. با توجه به اهمیت روزافزون تغییر اقلیم می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که با شناخت پتانسیل گونه‌هایی که توانایی بیشتری برای ترسیب کربن دارند و همچنین بررسی عوامل فیزیوگرافی تاثیرگذار بر فرایند ترسیب کربن، می‌توان اصلاح و احیای جنگل‌ها را از جنبه ترسیب کربن بهتر دنبال کرد.

یادداشت‌ها

1. United Nations Framework Convention on Climate Change
2. Forest Resource Assessment
3. Geostatistics
4. Are= 100 m^2
5. Intergovernmental Panel on Climate Change

فهرست منابع

Akhavan, R.; Zobeyri, M.; Zahedi Amiri, G.; Namiranian, M. & Mandallaz, D. 2006. Spatial structure and estimation of forest growing stock using geostatistical approach in the Caspian region of Iran. Iranian journal of natural resources, 59(1): 89-102. (In Persian)

Alijanpour, A. 1996. Study on quality and quantity of Arasbaran Forests (Case Study in Sotan Chay).Master Thesis. Tehran University. (In Persian)

Alijanpour, A. 2000. An Investigation of the Best Statistic Sampling Method in Forests of Arasbaran**.** PhD Thesis. Tehran University. (In Persian)

Aukland, L.; Moura Costa, P.; Bass, S.; Huq, S.; Landell-Mills, N.; Tipper, R. & Carr, R. 2002. Laying the Foundations for Clean Development: Preparing the Land Use Sector. IIED, London.

Ciesla, W.M. 1995. Climate change, forests and forest management- an overview. Forestry paper 126, FAO, Rome.

Crivellaro, A. & Schweingruber, F.H. 2013. Atlas of Wood, Bark and Pith Anatomy of Eastern Mediterranean Trees and Shrubs. Springer Heidelberg New York Dordrecht London. DOI 10.1007/978-3-642-37235-3.

FAO. 2018. The state of the world's forests. Forest pathways to sustainable development. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Fatholahi, M.; Fallah, A.; Hojjati, M. & Kalbi, S. 2013. Comparison of Carbon Stock in Plantation and Natural Forest of Maple and Hornbeam. The 3rd international conference on environmental planning & management. Tehran University. (In Persian)

Fisher, B. & Turner, R.K. 2008. Ecosystem Services: Classification for Valuation. Biol. Conserv. 141: 1167–1169.

FRA. 2010. Global Forest Resources Assessment. Main report, 163, Rom.

Gren, I.M. 2015. Estimating Values of Carbon Sequestration and Nutrient Recycling in Forests: An Application to the Stockholm-Mälar Region in Sweden. Forests. 6: 3594-3613.

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

Hasani Pak, A. 2015. Geostatistics. Tehran University, 330 p. (In Persian)

Hejazi, R. 2005. Wood technology and wood industries. Tehran University, 322p. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Hytönen, J.; Aro. L. & Jylhä, P. 2018. Biomass production and carbon sequestration of dense downy birch stands on cutaway peatlands Scandinavian. Journal of Forest Research. https://doi.org/ 10.1080/ 02827581. 2018. 1500636.1-8.

IPCC, 2014. A Synthesis Report. (At http://www.ipcc.ch/pdf/assessment report/ar5/syr/ AR5_SYR_ FINAL_All_Topics.pdf). May 29, 2015.

Javanshir, K. 1976. Atlas of Iran woody plants. Published by society of natural resources and human environment conservation.

Jo, H.K. 2002. Impacts of Urban Greenspace on Offsetting Carbon Emissions for Middle Korea. J. Environ. Manag. 64: 115–126.

Khademi, A.; Babaei Kafaki, S. & Mataji, A. 2009. Investigation on the amount of biomass and its relationship with physiographic and edaphic factors in oak coppice stand (Case study Khalkhal, Iran). Iranian journal of forest, 1(1): 57-67. (In Persian)

Kim, T.J.; Bullock, B.P. & Wijaya, A. 2016. Spatial interpolation of above-ground biomass in Labanan concession forest in east Kalimantan, Indonesia. Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences. 8 (2): 27- 39.

Li, F. & Wang, R. 2003. Evaluation, Planning and Prediction of Ecosystem Services of Urban Green Space: A Case Study of Yangzhou City. Acta. Ecol. Sin. 23: 1929–1936.

Li, J.; Ren, Z. & Zhou, Z. 2006, Ecosystem Services and Their Values: a Case Study in the Qinba Mountains of China. Ecological Researches. 21: 597 – 604.

Li, P.; Zhu, J.; Hu, H.; Guo, Z.; Pan,Y.; Birdsey, R. & Fang, J. 2016. The relative contributions of forest growth and areal expansion to forest biomass carbon. Biogeosciences. 13: 375–388.

Ma, J.; Xiao, X.; Qin, Y.; Chen,B.; Hu,Y.; Li, X. & Zhao, B.2017. Estimating aboveground biomass of broadleaf, needleleaf, and mixed forests in Northeastern China through analysis of 25-m ALOS/PALSAR mosaic data. Forest Ecology and Management. 389: 199–210.

Mahmoudi Taleghani, E. A.; Zahedi Amiri, GH. A. D.; Adeli Pishbijari, E. & Sagheb Talebi, KH. 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. Iranian journal of forest and poplar research, 3(29):241-252. (In Persian)

Marshall, A.R.; Willcock, S.; Platts, P.J.; Lovett, J.C.; Balmford, A.; Burgess, N.D.; Latham, J.E.; Munishi, P.K.T.; Salter, R.; Shirima, D.D. & Lewis, S.L. 2012. Measuring and modelling above-ground carbon and tree allometry along a tropical elevation gradient. Biological Conservation. 154: 20–33.

Miller, R.W. 1997. Urban Forestry: Planning and Managing Urban Green Spaces, (2nd ed). Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA.

Mobarghaei, N.; Sharzehei, G.; Makhdoum, M.; Yavari, A. & Jafari, H. 2009. The spatial valuation pattern of co2 absorption function in Caspian forests of Iran. Journal of environmental studies, 35(51): 57-68. (In Persian)

Niknezhad, M.; Fallah, A. & Mohammadi Limaei, S. 2017. Assessment of Ecological Capability and Estimation of Aboveground Biomass in Plantations Darabkola Forest. Ecology of Iranian forest, 5 (10):11-21. (In Persian)

Pan, Y.; Birdsey, R.; Fang, J.; Houghton, R.; Kauppi, P.; Kurz, W.; Phillips, O.; Shvidenko, A.; Lewis, S.; Canadell, J.; Ciais, P.; Jackson, R.; Pacala, S.; McGuire, D.; Piao, S.; Rautiainen, A.; Sitch, S. & Hayes, D. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. Science. 300: 988–993.

Panahi, P.; Pourhashemi, M. & 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. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Pretzsch, H. 2009. Forest Dynamics, Growth and Yield (From Measurement to Model). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Regis Raimundo, M.; Ferraco Scolforo, H.; Marcio de Mello, J.; Roberto Soares Scolforo, J.; Paul McTague, J. & Aparecida dos Reis, A. 2017. Geostatistics Applied to Growth Estimates in Continuous Forest Inventories. For. Sci. 63(1):29–38.

Ripley, B.D. 1981. Spatial statistics. New York, Wiley.

Soleimani, P. & Parsapajouh, D. 1974. Investigation of moisture content, specific gravity and amount of dry matter per unit of the most important forest wood in Iran. Journal of Natural Resources, 1(1): 26-35. (In Persian)

Teimouri, I.; Salarvandian, F. & Ziarii, K. 2014. The Ecological Foot Print of Carbon Dioxide for Fossil Fuels in the Shiraz. GeoRes, 29 (1):193-204. (In Persian)

Vahedi, A. & Mattagi, A. 2014. Amount of carbon sequestration distribution associated with oak tree's (*Quercus castaneifolia* C.A. May) bole in relation to physiographical units of hyrcanian natural forests of Iran. Iranian journal of forest and poplar research, 21(4):716-728. (In Persian)

Varamesh, S. 2009. Comparison of carbon sequestration of broadleaf and coniferous species in urban forest (Case study: Chitgar Park- Tehran). Master Thesis. Tarbiat Modarres University. (In Persian)

Webster, R. & Oliver, M.A. 2007. Geostatistics for Environmental Scientists. 2nd edition. John Wiley & Sons, Ltd.

www.SID.ir