

## بررسی توده‌های دست کاشت سوزنی و پهن برگ پارک مخمل کوه خرم‌آباد از نظر ترسیب کربن خاک و تنوع زیستی زیر آشکوب

اکرم آزادی ریمله<sup>۱\*</sup>، سید محمد حجتی<sup>۲</sup>، حمید جلیل‌وند<sup>۳</sup> و حامد نقوی<sup>۴</sup>

\*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری. پست الکترونیک:

Akramazadi1988@yahoo.com

۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۹

### چکیده

در جنگل‌کاری، انسان در پی دستیابی به یک بوم‌نظام جدید و سازگار با شرایط حاکم در منطقه می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی ترسیب کربن خاک، ارزش اقتصادی آن و تنوع زیستی گونه‌های علفی کف در توده‌های جنگل‌کاری شده مورد مطالعه و معرفی عوامل تأثیرگذار در ترسیب کربن می‌باشد. در هر توده ۱۰ درخت سالم و غالب انتخاب شد و در زیر تاج پوشش (در چهار جهت جغرافیایی) و در جهت شمالی (در فضای باز) درختان منتخب اقدام به اندازه‌گیری تنوع زیستی در پلات‌های ۱×۱ متر گردید. نمونه‌های خاک نیز از عمق سطحی در زیر تاج پوشش درختان تهیه شد. نتایج نهایی (وزن نهایی محاسبه شده از روش سلسله مراتبی) نشان داد که به ترتیب گونه‌های کاج بروسیا، ارغوان و ون به‌عنوان بهترین گونه از نظر معیارهای مورد بررسی می‌باشند، که برای جنگل‌کاری در مناطق مشابه جهت دسترسی به اهداف مذکور توصیه می‌شوند. نتایج رگرسیون گام به گام نیز نشان داد که درصد سنگلاخی، رطوبت، چگالی ظاهری و ماده آلی از مهمترین عوامل تأثیرگذار در ذخیره کربن هستند.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌کاری، ارزش اقتصادی، روش سلسله مراتبی (AHP)، کاج بروسیا، ارغوان، ون

### مقدمه

هدررفت منبع خاک، افزایش کیفیت و کمیت محصولات مختلف و بازدهی دائمی می‌باشد (Anonymous, 1967). بنابراین مدیریت بهینه اکوسیستم‌های مختلف باید در جهت افزایش قابلیت ترسیب کربن باشد. البته فهم ارزش اقتصادی از خدماتی که عرصه‌های جنگلی به رایگان در اختیار جوامع انسانی قرار می‌دهد، موجب شفافیت و تسهیل فرایندهای تصمیم‌گیری در زمینه کاربری اراضی شده و کارآمدتر شدن اقدامات حفاظتی را در پی دارد (Panahi Pour, 2007).

با افزایش سطح علمی و نیز پیشرفت در زمینه علوم طبیعی، اهمیت تنوع زیستی در زمینه‌های مختلف آشکار گردیده است، به طوری که اهداف مدیریت جنگل به

تغییر اقلیم یکی از مهمترین چالش‌ها در توسعه پایدار است که تأثیر منفی بر اکوسیستم‌های خشکی و دریایی دارد (Anonymous, 2000). تغییر اقلیم سبب وقوع بحران‌های شدید زیست محیطی از جمله تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، کاهش تنوع زیستی، وقوع سیل، خشکسالی و بیابان‌زایی می‌گردد (Cannell, 2003). از منافع اصلی ترسیب کربن خاک بهبود شرایط آب و هوایی، افزایش ذخیره کربن، افزایش تنوع زیستی در مقیاس جهانی، افزایش کیفیت و کمیت منابع آب و هوا، کشاورزی پایدار، توسعه صنعت گردشگری در مقیاس ملی، افزایش منابع غذایی، افزایش منابع پایه تولید، کاهش

در پارک چیتگر تهران پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ترسیب کربن در خاک توده اقاویا (۷۸/۱۹ تن در هکتار) به طور معنی داری ( $p < ۰/۰۱$ ) بیشتر از توده کاج تهران (۵۷ تن در هکتار) و اراضی بایر (۱۰/۸ تن در هکتار) است. ارزش اقتصادی را برای گونه‌های مذکور ۲/۷۹ و ۳/۷۴۱ میلیون دلار محاسبه کردند. نتیجه رگرسیون گام به گام در بررسی آنها نیز نشان داد که درصد رس و نیتروژن به ترتیب از مهمترین اجزای تأثیرگذار بر مقدار کربن آلی خاک هستند.

همچنین (Asadian *et al.*, 2011) در مطالعه‌ای که به منظور بررسی تنوع زیستی در دو توده دست کاشت (کاج سیاه و زبان گنجشک) واقع در جنگل اندان- ساری انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که برخلاف عقیده‌ی متداول در مورد نامناسب بودن شرایط زیستی در توده‌های سوزنی برگ، این عرصه‌ها توانایی فراهم کردن شرایط مناسب برای حضور گونه‌های علفی و چوبی حداقل در سالهای اولیه استقرار را در خود دارا می‌باشند. اضافه بر این، (Humphery *et al.*, 2000) تنوع زیستی در جنگل‌های دست کاشت انگلستان را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که توده‌های دست کاشت با گونه‌های سوزنی برگ غیر بومی باعث آماده سازی شرایط زیستگاه برای ظهور گیاهان و جانوران بومی می‌شود. همچنین (Li *et al.*, 2012) در مطالعه‌ای تحت عنوان بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، ظرفیت نیتروژن و کربن خاک جنگل - کاری سوزنی برگ ماگنولیا در زمین‌های شنی و نیمه خشک تخریب یافته چین به این نتیجه رسیدند که جنگل کاری در منطقه نیمه خشک شنی باعث بهبود کیفیت خاک و افزایش ظرفیت ترسیب کربن می‌شود.

به علاوه، (Azadi Nejat *et al.*, 2009) به کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی جنگل کاری‌های شهری به منظور انتخاب گونه درختی مناسب در مناطق خشک و نیمه خشک پرداختند، آنها به این نتیجه رسیدند که با انجام مراحل مختلف (اندازه‌گیری میانگین موزون) هر گونه‌ای که دارای بالاترین میانگین موزون باشد به عنوان مناسب‌ترین گونه با توجه به معیارهای مختلف، معرفی شده و گونه‌های دیگر در اولویت بعدی برای کاشت قرار

سمت افزایش تنوع زیستی متمرکز شده است، Pourbabaei, (1998). حفظ تنوع زیستی یکی از مهمترین موضوعات در مدیریت پایدار جنگلها بشمار می‌آید (Ito *et al.*, 2004) زیر آشکوب یک جز جدایی ناپذیر از اکوسیستم جنگل است، که به طور کلی بخش زیادی از تنوع زیستی جامعه گیاهی را تشکیل می‌دهد (Tchouto *et al.*, 2006). پوشش گیاهی زیر آشکوب بر پویایی جامعه اثر می‌گذارد که به چرخه مواد غذایی کمک می‌کند (Tao Lü, 2011). ولی متأسفانه به آشکوب علفی کف جنگل که اهمیت زیادی در تنوع گیاهی دارد توجهی نمی‌شود.

جنگل کاری نه تنها به عنوان یکی از روش‌های بازسازی اراضی تخریب شده می‌باشد (Cannell, 2003)، بلکه یک اقدام برای حفاظت از خاک، آب، مبارزه با بیابان‌زایی، تهیه چوب و افزایش ذخیره کربن و نیتروژن شناخته شده است (Chen *et al.*, 2010). جنگل کاری از طریق عوامل متفاوتی مانند ساختار و ترکیب آشکوب بالا (Tao Lü, 2011)، انتقال نور و ویژگی بستر (لاشبرگ)، آشکوب بالای جنگل، مقدار ساقاب و خصوصیات شیمیایی آن (Barbier *et al.*, 2008)، مواد غذایی خاک و رطوبت در دسترس، تاریخ جانمایی، راهبرد مدیریتی جنگل، پراکندگی و ... باعث تفاوت در تنوع زیستی و ترکیب گونه‌های زیر آشکوب می‌شود، در نتیجه ترکیب زیر آشکوب معمولاً در جنگل‌های مختلف متفاوت است (Tao Lü, 2011). هدف از این مطالعه بررسی معیارهای مختلف ذکر شده برای ارزیابی توده‌ها، و همچنین مدلسازی و معرفی عوامل مؤثر در ترسیب کربن می‌باشد. با توجه به چنین فضایی از تصمیم‌گیری (در نظر گرفتن معیارهای مختلف) از روش AHP (که از معروفترین و مناسب‌ترین روش Multi Criteria Decision MCDM Making) برای اولویت‌بندی گونه‌های درختی جهت جنگل کاری می‌باشد) استفاده گردید (Azadi Nejat *et al.*, 2009). به مطالعات زیر در زمینه معیارهای در نظر گرفته شده (تنوع زیستی، ترسیب کربن خاک و ارزش اقتصادی آن) و روش مورد استفاده می‌توان اشاره کرد.

(Varamesh *et al.*, 2010) به بررسی اثر جنگل کاری در افزایش ترسیب کربن و بهبود برخی ویژگی‌های خاک

می‌گیرند.

*Fraxinus* ) و ن (*Cupressus arizonica* Green)،  
 ارغوان (*Olea Europaea* L.)، زیتون (*excelsior* Linn)،  
 (*Cercis siliquastrum*) انجام شده است و به ترتیب ۰/۹،  
 ۰/۸، ۱/۷، ۰/۴۲ و ۰/۷۳ هکتار از مساحت هر کدام از  
 توده‌های ذکر شده در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته  
 است.

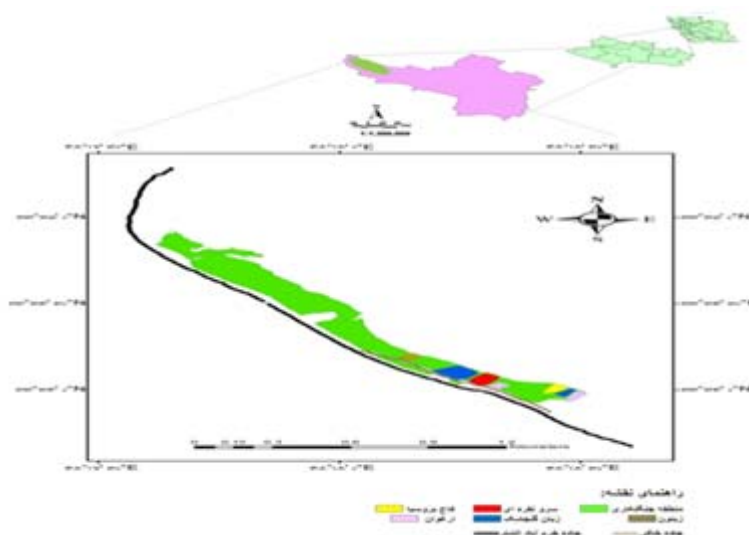
### روش تحقیق

در هر کدام از پنج توده (سرو نقره‌ای، کاج بروسیا،  
 ارغوان، ون و زیتون) ۱۰ درخت سالم در بخش‌های میانی  
 هر توده (برای جلوگیری از اثرات حاشیه) انتخاب گردید.  
 برای اندازه‌گیری تنوع زیستی پوشش علفی کف در چهار  
 جهت اصلی جغرافیایی، در زیر تاج پوشش هر درخت و  
 در فضای باز در جهت شمالی همان درختان از پلات ۱×۱  
 متر استفاده شد (برای بررسی تنوع زیستی در زیر تاج  
 پوشش از پلات‌ها میانگین گرفته شد). شاخص‌های تنوع  
 زیستی (تنوع شانز وینر و سیمپسون)، غنا (منهینیک و  
 مارگالف) و یکنواختی) با استفاده از نرم‌افزار PAST  
 محاسبه شدند. از فرمول‌های زیر برای محاسبه شاخص-  
 های غنا و تنوع استفاده شده است (جدول ۱).

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

پارک جنگلی مخمل کوه (با طول جغرافیایی ۳۲°، ۱۵'، ۴۸°  
 و ۴۸°، ۱۵'، ۴۸° شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۰'، ۴۱°،  
 ۳۳° و ۱۱'، ۳۵° شمالی) به مساحت ۴۷۵ هکتار با  
 حداقل ارتفاع ۱۲۰۰ متر و حداکثر ارتفاع ۱۶۰۰ متر در  
 محدوده ۸ کیلومتری شهرستان خرم‌آباد و در کنار جاده  
 آسفالت خرم‌آباد به الشتر واقع شده است. اقلیم به دست  
 آمده از فرمول آمبرژه (با توجه به ارتفاع منطقه مورد  
 مطالعه) سرد و نیمه‌خشک می‌باشد. دوره خشکی از  
 خرداد ماه شروع می‌شود و تا مهر ماه ادامه دارد. میانگین  
 بارش سالانه، میانگین دما در گرمترین و سردترین ماه  
 سال، به ترتیب برابر با ۵۰۵/۵ میلی‌متر، ۲۹/۹ و ۵/۶ درجه  
 سانتی‌گراد می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر زمین-  
 شناسی جزء زاگرس چین‌خورده بوده و مربوط به دوران  
 سنوزوئیک می‌باشد. نوع خاک موجود در منطقه  
 کوهستانی، سنگلاخی، سنگلاخی و آبرفتی می‌باشد.  
 عملیات جنگل‌کاری در طی سال ۷۳ تا ۷۵ با گونه‌های  
 کاج بروسیا (*Pinus brutia* ten.)، سرو نقره‌ای



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- شاخص‌های مربوط به تنوع، غنا و یکنواختی (Asmail Zade &amp; Hussein, 2007)

شاخص‌ها	فرمول	متغیرها	توضیحات
شاخص تنوع سیمپسون (Simpson)	$1-D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S P_i^2}$	Pi	نسبت تعداد افراد گونه i ام به تعداد کل افراد
شاخص تنوع شانون وینر	$H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i)$	S	تعداد گونه
شاخص غنا مارگالف	$R_1 = \frac{S-1}{\ln(N)}$	N	تعداد کل افراد
شاخص غنا منهینیک	$R_2 = \frac{S}{\sqrt{N}}$		
شاخص یکنواختی شانون وینر	$E_H = \frac{H}{H_{max}} = \frac{-\sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i)}{\ln(S)}$		

گردید.

### تحلیل آماری

با توجه به نرمال بودن داده‌ها بر اساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای مقایسه کلی پنج تپ از نظر ویژگی‌های خاک و شاخص تنوع زیستی از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه چند گانه میانگین‌ها، از آزمون استیودنت-نیومن-کلز (SNK) و دانکن (LSR) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد و در نهایت از نرم‌افزار expert choice برای وزن‌دهی و تعیین گونه مناسب استفاده گردید. به منظور بررسی همبستگی بین کربن ذخیره شده با فاکتورهای اندازه‌گیری شده از آزمون پامتری پیرسون استفاده شد. برای انتخاب مدل مناسب از رگرسیون گام به گام استفاده شد که ترسیب کربن به‌عنوان متغیر وابسته و مشخصه‌های خاک به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

### نتایج

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که ترسیب کربن خاک در بین توده‌های مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌دار است (جدول ۲). براساس نتایج گروه‌بندی دانکن نیز خاک توده‌های سوزنی برگ مورد مطالعه با بیشترین مقدار ترسیب کربن اختلاف معنی‌داری را با توده‌های پهن‌برگ مورد مطالعه داشتند (جدول ۳). همان‌طور که در جدول ۲

نمونه‌برداری خاک از عمق ۱۰-۰ سانتیمتر با استفاده از استوانه فلزی (به قطر ۸ سانتی‌متر) انجام شد (Hojjati, 2008)، پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه در هوای آزاد خشک شدند و نمونه‌های خشک شده خرد و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. بافت خاک (درصد اجزای تشکیل‌دهنده خاک) با استفاده از روش هیدرومتری، اسیدیته خاک از روش پتانسیومتری یا استفاده از دستگاه pH متر، وزن مخصوص ظاهری به روش سیلندر بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، شوری خاک را به روش هدایت الکتریکی، کربن آلی به روش والکی و بلاک، درصد آهک معادل از روش تیتراسیون، درصد ماده آلی با توجه به مقدار کربن آلی محاسبه شد و درصد رطوبت خاک نیز به روش رطوبت وزنی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (Jafari Haghighi, 2003). مقدار ترسیب کربن بر حسب تن در هکتار براساس فرمول زیر محاسبه شد (Razakamanarivo et al., 2011):

$$Soct/h = (BDi \times Ci \times (1 - \% Stone) \times Ti)$$

BDi چگالی ظاهری بر حسب گرم/سانتیمتر مکعب، Ci درصد کربن آلی، %Stone درصد سنگلاخی و Ti عمق خاک بر حسب سانتیمتر.

در نهایت با توجه به اینکه هر تن کربن در هکتار ۳/۶۷ تن دی‌اکسید کربن می‌باشد (Agheli Kohne, 2003) و مقدار محاسبه شده در میانگین میزان مالیات (۶۵/۴ دلار) که برابر با ۶۸۱۱۹/۲ ریال می‌باشد (Rousta, 2011) ضرب شد و ارزش اقتصادی آن برآورد

۱۶۵۵۱۳۲ ریال) می‌باشد، همان‌طور که مشاهده می‌شود مقایسه میانگین خصوصیات خاک در توده‌های جنگل-کاری شده نشان داد که بیشترین مقدار اسیدیته، درصد آهک، چگالی ظاهری، درصد سیلت و درصد رطوبت و کمترین درصد شن و سنگلاخی وزنی در گونه‌های سوزنی‌برگ وجود دارد.

نشان داده شده است، مقدار ترسیب کربن در دو گونه سرو نقره‌ای و کاج بروسیا (به ترتیب ۱۱/۳۸ و ۱۱/۰۸ تن در هکتار) به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیشتر از ون و زیتون (به ترتیب ۷/۱۷ و ۶/۵۵ تن در هکتار) می‌باشد. در نتیجه ارزش اقتصادی بدست‌آمده آن نیز در سرو نقره‌ای و کاج (به ترتیب ۲۸۷۵۲۹۹۸ و ۲۸۰۰۶۲۵۲ ریال) بیشتر از گونه‌های پهن‌برگ ون و زیتون (به ترتیب ۱۸۱۱۲۲۹۶ و

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه فاکتورهای اندازه‌گیری شده در خاک توده‌های جنگلکاری مخمل کوه

منبع تغییرات	اسیدیته	هدایت الکتریکی	رطوبت	چگالی ظاهری	کربن آلی	ماده آلی	درصد آهک
سطح معنی‌داری	۰/۰۰	۰/۷۸	۰/۰۰	۰/۰۰۵	۰/۲۳۵	۰/۲۳۵	۰/۰۰۳
منبع تغییرات	درصد سنگلاخی وزنی	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	ذخیره کربن	ارزش اقتصادی	
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۱	۰/۱۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	

جدول ۳- میانگین‌های مشخصه‌های خاک در توده‌های جنگل کاری سوزنی‌برگ و پهن‌برگ

مشخصه‌های خاک	توده	سرو نقره‌ای	کاج بروسیا	ارغوان	ون	زیتون
اسیدیته	۸/۸۵ <sup>d</sup>	۸/۶۸ <sup>d</sup>	۸/۵ <sup>d</sup>	۸/۵۸ <sup>d</sup>	۸/۵۱ <sup>d</sup>	
درصد رطوبت	۶/۹۶ <sup>a</sup>	۴/۱۹ <sup>d</sup>	۳/۲ <sup>d</sup>	۲/۹۳ <sup>bc</sup>	۲/۳۶ <sup>c</sup>	
چگالی ظاهری (گرم/سانتیمتر <sup>۳</sup> )	۲/۲ <sup>a</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۲ <sup>ad</sup>	۱/۹ <sup>ad</sup>	۱/۷۵ <sup>d</sup>	
درصد آهک	۱۲/۷۳ <sup>a</sup>	۸/۰۷ <sup>ab</sup>	۸/۸ <sup>ab</sup>	۴/۷ <sup>d</sup>	۲/۳ <sup>d</sup>	
درصد سنگلاخی وزنی	۴۴/۴۶ <sup>c</sup>	۴۸/۴ <sup>bc</sup>	۵۶/۳ <sup>ad</sup>	۶۱/۷ <sup>a</sup>	۶۱/۵۳ <sup>a</sup>	
درصد سیلت	۲۳/۵۲ <sup>a</sup>	۲۳/۱۳ <sup>a</sup>	۲۳/۳۲ <sup>a</sup>	۱۳/۸ <sup>d</sup>	۱۳/۷۴ <sup>a</sup>	
درصد شن	۵۵/۱۳ <sup>d</sup>	۵۷/۹۲ <sup>d</sup>	۶۰/۷۷ <sup>d</sup>	۶۹/۹۴ <sup>a</sup>	۶۹/۵۶ <sup>a</sup>	
ذخیره کربن (تن بر هکتار)	۱۱/۳۸ <sup>a</sup>	۱۱/۰۸ <sup>a</sup>	۱۰/۴۶ <sup>ab</sup>	۷/۱۷ <sup>bc</sup>	۶/۵۵ <sup>c</sup>	
ارزش اقتصادی (ریال)	۲۸۷۵۲۹۹۸ <sup>a</sup>	۲۸۰۰۶۲۵۲ <sup>a</sup>	۲۶۴۲۴۸۶۶ <sup>ad</sup>	۱۸۱۱۲۲۹۶ <sup>bc</sup>	۱۶۵۵۱۳۲۶ <sup>c</sup>	

مدل برآورد ترسیب کربن مشخص شد که بهترین مدل برازش داده شده، مدل خطی با ضریب تبیین ۰/۹۶ است (جدول‌های ۵ و ۶) که بیانگر این است که ۹۶٪ تغییرات متغیر ذخیره کربن از طریق تغییرات متغیرهای درصد سنگلاخی وزنی، ماده‌آلی، چگالی ظاهری و رطوبت در یک رابطه خطی قابل توجیه است (جدول ۶).

در بررسی همبستگی بین ترسیب کربن و مشخصه‌های خاک (جدول ۴) مشخص شد که ترسیب کربن در سطح احتمال ۹۹ درصد با درصد رطوبت، درصد آهک، درصد کربن آلی، درصد ماده آلی، چگالی ظاهری و نسبت کربن به نیتروژن همبستگی مثبت و با درصد رس و درصد شن همبستگی منفی دارد و در سطح احتمال ۹۵ درصد با هدایت الکتریکی همبستگی مثبت نشان می‌دهد. در بررسی

جدول ۴- بررسی همبستگی ترسیب کربن با مشخصه‌های خاک در توده‌های مورد مطالعه

C/N	فسفر	درصد شن	درصد سیلت	درصد آهک	درصد سنگلاخی
۰/۴۶**	-۰/۱۳۳*	-۰/۵۷۳**	۰/۶۲۷**	۰/۴۲۳**	-۰/۷۳۴**
درصد ماده آلی	درصد کربن آلی	چگالی ظاهری	درصد رطوبت	هدایت الکتریکی	درصد رس
۰/۶۹۴**	۰/۶۹۴**	۰/۴۲۴**	۰/۵۸۶**	۰/۲۸*	-۰/۵۲۵**

\* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول ۵- بهترین معادله در برآورد ذخیره کربن با مشخصه‌های خاک در منطقه مورد مطالعه براساس رگرسیون گام به گام

مدل	معادله رگرسیونی
۱	$Y = 4/4 - 0/19X_1 + 0/7X_2 + 2/9X_3$

Y = ذخیره کربن = X<sub>۱</sub> درصد سنگلاخی وزنی = X<sub>۲</sub> ماده آلی = X<sub>۳</sub> چگالی ظاهری

جدول ۶- مشخصات مدل منتخب برای برآورد ذخیره کربن و مشخصه‌های خاک

مدل	ضریب همبستگی	ضریب تبیین تصحیح شده	انحراف معیار	p	F
۱	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۸۲	۰/۰۰۰	۴۰۹/۴

گرو و بعد از زیتون قرار داشتند. شاخص غنا مارگف به ترتیب در گونه‌های زیتون، ارغوان و ون و سوزنی‌برگان (یک گروه) بیشترین مقدار را داشت. در فضای باز شاخص تنوع به ترتیب در گونه‌های کاج، ون و ارغوان (در یک گروه)، زیتون و سرو بیشترین مقدار را داشت. گونه‌های زیتون، سوزنی‌برگان، ون و ارغوان به ترتیب بیشترین مقدار یکنواختی را داشتند. از نظر غنا کاج بروسیا بیشترین و سرو نقره‌ای کمترین مقدار را داشتند (جدول ۱۰).

در جدول ۷ مشخصات تعداد کل گونه‌ها در توده‌ها ذکر شده است. در جدول ۸ نیز نتایج آنالیز واریانس اختلاف معنی‌داری را در بین گونه‌ها نشان داد (شاخص یکنواختی در زیر تاج پوشش اختلاف معنی‌داری را نشان نداد). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای شاخص‌های تنوع در جدول ۹ نشان می‌دهد که شاخص شانون‌وینر در زیر گونه زیتون و ارغوان بیشترین و در گونه سرو کمترین مقدار را داشت. گونه کاج نیز حالت بینابین داشت که با گونه ون در یک گروه قرار می‌گرفت. از نظر شاخص غنا منهینیک زیتون بهترین وضعیت را داشت دیگر پهن‌برگان در یک

جدول ۷- گونه‌های علفی موجود در توده‌ها

مشخصه گونه‌ها			مشخصه گونه‌ها				
خانواده	اسم علمی	اسم فارسی	ردیف	خانواده	اسم علمی	اسم فارسی	ردیف
Graminae	<i>Poa timoleontis</i> Heldr. Ex Boiss	گندم نیا ضخیم	۲۷	Boraginaceae	<i>Anchusa italica</i> L.	گل گاو زبان ایتالیایی	۱
Graminae	<i>Aegilops crassa</i> Boiss	گندم نیا چتری	۲۸	Boraginaceae	<i>Echium italicum</i> L.		۲
Graminae	<i>Aegilops umbellulata</i> Zhuk.	چچم	۲۹	Caryophyllaceae	<i>Ankyropetalum gypsophiloides</i> Fenzl		۳
Graminae	<i>Lolium rigidum</i> L.	گیس بافته	۳۰	Caryophyllaceae	<i>Holosteum umbellatum</i> L.	گل آفتابی اروپایی	۴
Graminae	<i>Trachynia distachya</i> (L.) Link	گزنه سای ساقه آغوش	۳۱	Cistaceae	<i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Miller	با بونه شیرازی	۵
Labiatae	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	گوش بره شاهرودی.	۳۲	Compositae	<i>Anthemis pseudocotula</i> Boiss	تاتاری عربی	۶
Labiatae	<i>Phlomis canceolate</i> Bunge	گوش بره سر نیزه ای	۳۳	Compositae	<i>Carduus arabicus</i> Jacq. ex Murry	گلرنگ زرد	۷
Labiatae	<i>Phlomis kurdica</i> Rech. f.	مریم گلی لوله ای	۳۴	Compositae	<i>Carthamus oxyachanthus</i> L.		۸
Labiatae	<i>Salvia macrosiphon</i> Boiss	یونجه صغیر	۳۵	Compositae	<i>Charidinia orientalis</i> Desf	ریش قوش یکساله	۹
Leguminosae	<i>Medicago minima</i> (L.) Bartalini	یونجه سخت	۳۶	Compositae	<i>Crepis kotschyana</i> (Boiss.) Boiss	شکر تیغال شرقی	۱۰
Leguminosae	<i>Modicago rigidula</i>	شیدر	۳۷	Compositae	<i>Echinops orientalis</i> L.	گل پنبه	۱۱
Leguminosae	<i>Trifolium lappaceum</i> L.	تمشکین	۳۸	Compositae	<i>Filago pyremidata</i> L.		۱۲
Liliaceae	<i>Bellevelia glauca</i> (Lindl.) Kunth		۳۹	Compositae	<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F. W. Schmidt	کا کل پری	۱۳
Liliaceae	<i>Muscari comosum</i> (L.) Miller	شیر مرغ	۴۰	Compositae	<i>Lastopogon muscoides</i> (Desf.) DC.	خار پنبه شاهوئی	۱۴
Liliaceae	<i>Ornithogalum ersicum</i>	ختمی پنجه ای بریده	۴۱	Compositae	<i>Onopodon carduchorum</i> L.	خار پنبه	۱۵
Malvaceae	<i>Alcea digitata</i> (Boiss) Alef		۴۲	Compositae	<i>Onopordon acanthium</i> L.	زرد خار	۱۶
Malvaceae	<i>Malva rioundifolia</i>	شیدر زبر	۴۳	Compositae	<i>picnomon Acarna</i> (L.) Cass.	پیر گیاه	۱۷
Papilionacea	<i>Trifolium scabrum</i> L.	شیدر لرستانی	۴۴	Compositae	<i>Senecio vernalis</i> Waldst. & Kit.		۱۸
Papilionacea	<i>Trifolium cherleri</i> L.	شیدر ستاره ای	۴۵	Compositae	<i>Serratula cerinthifolia</i> L.	ریش میش	۱۹
Papilionacea	<i>Trifolium stellatum</i> L.	یونجه باغی عقربی	۴۶	Compositae	<i>Urospermum picroides</i> (L.) DC	خورشید صبح	۲۰
Papilionacea	<i>Coronilla scorpioides</i> L.	اسپرس تاج خروسی	۴۷	Compositae	<i>Zoega lepturea</i> L.		۲۱
Papilionacea	<i>Onobrychis crita-galli</i> (L.) Lam	بارهنگ فرانسوی	۴۸	Compositae	<i>Rhagadiolus edulis</i> Scop.	گل گندم مهاجر	۲۲
Plantaginaceae	<i>Plantago bellardi</i> (Pilger) Rech. f.		۴۹	Compositae	<i>Centaurea Bruguieriana</i> (DC.) Hand. Mzt	گل گندم زرد	۲۳
Poaceae	<i>Taeniatherum crintum</i> (Schreb.) Nevski		۵۰	Compositae	<i>Centaurea solstitialis</i> L.	کنگر خوراکی	۲۴
Primulaceae	<i>Lysimachia linum-stellatum</i> L.	الاله قرمز	۵۱	Compositae	<i>Gundelia tornafortii</i> L.	پیچک صحرائی	۲۵
Ranunculaceae	<i>Ranunculus asiaticus</i> L.	بادام کوهی	۵۲	Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	پیچک برگ گرگی	۲۶

ادامه جدول ۷

مشخصه گونه‌ها				مشخصه گونه‌ها			
خانواده	اسم علمی	اسم فارسی	ردیف	خانواده	اسم علمی	اسم فارسی	ردیف
Rosaceae	<i>Amygdalus scoparia</i> L.		۶۵	Convolvulaceae	<i>Convolvulus pilosellaefolius</i> Desr.	جو دو سر	۵۳
Rosaceae	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	شیر پنیر	۶۶	Cramineae	<i>Avena fatua</i> L.	ناز زیا نازخوش رنگ	۵۴
Rubiaceae	<i>Galium parisiense</i> L.	گونه چند ساله شیر پنیر	۶۷	Crassulaceae	<i>Sedum callichroum</i> L.	خردلی	۵۵
Rubiaceae	<i>Galium Kurdicum</i> L.		۶۸	Cruciferae	<i>Hirschfeldia incana</i> Moench	خردل گونه ای	۵۶
Sinopteridaceae	<i>Cheilantes persica</i> Swartz	زول گرمسیری	۶۹	Cruciferae	<i>Sinapis arvensis</i> L.		۵۷
Umbelliferae	<i>Eryngium creticum</i> Lam.	غازیغی	۷۰	Dipsacaceae	<i>Pterocarpus plumosus</i> (L.)Coult	طوسک گنگومرائی	۵۸
Umbelliferae	<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.		۷۱	Dipsacaceae	<i>Scabiosa laucactis</i> L.		۵۹
Umbelliferae	<i>Pimpinella affinis</i> (Boiss)	شانه ونوس	۷۲	Ephorbiaceae	<i>Ephorbia helioscopia</i>	جوهرز	۶۰
Umbelliferae	<i>Scandix pecten-veneris</i> L.		۷۳	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) LHer	نوک لک لکی هرز	۶۱
Umbelliferae	<i>Scandix stellatus</i> Bank & Soland.	ماستونک نازک برگ	۷۴	Graminae	<i>Hordeum glaucum</i> Steud.	چارو علفی پر کرک	۶۲
Umbelliferae	<i>Torilis leptophylla</i> (L.)Reichenb.		۷۵	Graminae	<i>Bromus seriseus</i> Drobov	جو پیاز ار	۶۳
Valerianaceae	<i>Valerianella dactytophylla</i> Bioess.& Hohen		۷۶	Graminae	<i>Hordeum bulbosum</i> L.	چمن سمی	۶۴

جدول ۸- نتایج آنالیز واریانس یکطرفه برای هر دو حالت مقایسه‌ای در توده‌های مورد مطالعه

b5	b4	b3	b2	b1	a5	a4	a3	a2	a1
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۸۲	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱

a=زیر تاج پوشش، b=فضای باز، ۱=شانون وینر، ۲=سیمپسون، ۳=یکنواختی، ۴=منهینیک، ۵=مارگالف

جدول ۹- مقایسه میانگین در زیر آشکوب برای توده‌های مورد مقایسه

شاخص گونه	سرو	کاج	ون	ارغوان	زیتون
شانون وینر	۱/۹۳ <sup>b</sup>	۲/۱ <sup>ab</sup>	۲/۲ <sup>ab</sup>	۲/۳۴ <sup>a</sup>	۲/۳۸ <sup>a</sup>
سیمپسون	۰/۸۲ <sup>b</sup>	۰/۸۶ <sup>ab</sup>	۰/۸۵ <sup>ab</sup>	۰/۸۸ <sup>a</sup>	۰/۸۶ <sup>ab</sup>
منهینیک	۲/۲۱ <sup>b</sup>	۲/۶۳ <sup>b</sup>	۲/۶۱ <sup>b</sup>	۳/۱۵ <sup>ab</sup>	۳/۷ <sup>a</sup>
مارگالف	۱/۴ <sup>b</sup>	۱/۶۳ <sup>b</sup>	۱/۵۵ <sup>b</sup>	۱/۸۴ <sup>b</sup>	۲/۲۴ <sup>a</sup>



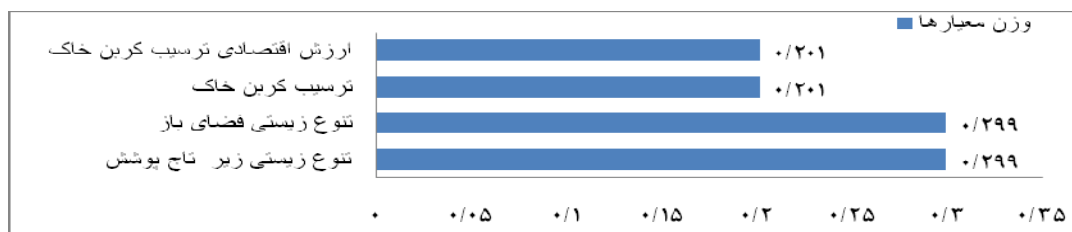
جدول ۱۰- مقایسه میانگین در فضای باز برای توده‌های مورد مقایسه

شاخص گونه	سرو	زیتون	ارغوان	ون	کاج
شانون وینر	۱/۵۱ <sup>b</sup>	۱/۹۸ <sup>a</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۲/۱۶ <sup>a</sup>	۲/۳۳ <sup>a</sup>
سیمپسون	۰/۷۳ <sup>b</sup>	۰/۸۵ <sup>a</sup>	۰/۸۳ <sup>a</sup>	۰/۸۵ <sup>a</sup>	۰/۹ <sup>a</sup>
یکنواختی	۰/۸۵ <sup>ab</sup>	۰/۸۸ <sup>a</sup>	۰/۷۴ <sup>c</sup>	۰/۷۸ <sup>bc</sup>	۰/۸۳ <sup>ab</sup>
منهینیک	۱/۱۳ <sup>c</sup>	۱/۷۵ <sup>b</sup>	۲/۲۱ <sup>a</sup>	۲/۳۷ <sup>a</sup>	۲/۵۶ <sup>a</sup>
مارگالف	۰/۷ <sup>c</sup>	۱/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۱ <sup>ab</sup>	۱/۲۴ <sup>ab</sup>	۱/۳۲ <sup>a</sup>

در شکل‌های ۲ تا ۷ به نتایج حاصل از روش سلسله مراتبی AHP اشاره شده است (شکل ۲ وزن معیارها را نسبت به هم مشخص نموده، و در شکل‌های ۳ تا ۶ وزن نسبی توده‌ها نسبت به هم برای هر معیار مشخص گردیده است و در نهایت در شکل ۷ به وزن نهایی توده‌ها با توجه

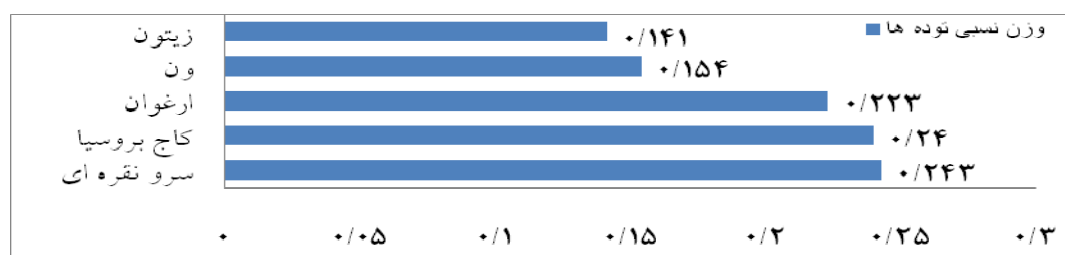
به همه‌ی معیارها اشاره گردیده است). همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود به‌ترتیب کاج بروسیا، ارغوان و ون بیشترین و زیتون و سرو نقره‌ای کمترین وزن نهایی را داشتند.

میزان ناسازگاری = ۰/۰۰



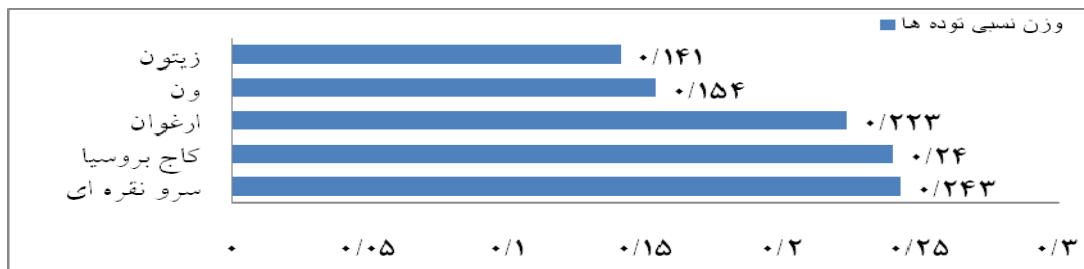
شکل ۲- وزن معیارها بر پایه روش میانگین حسابی

میزان ناسازگاری = ۰/۰۰



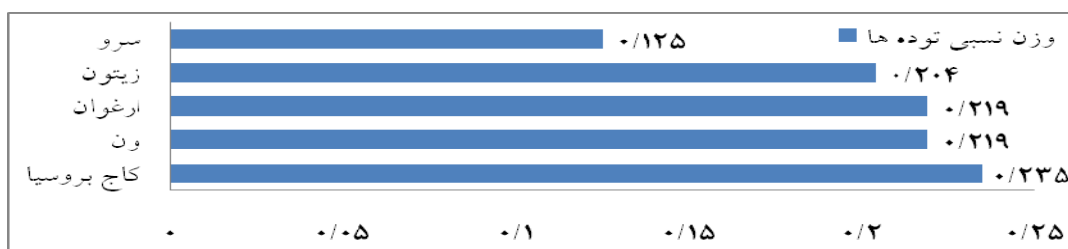
شکل ۳- وزن نسبی توده‌ها از نظر ترسیب کربن خاک

میزان ناسازگاری = ۰/۰۰

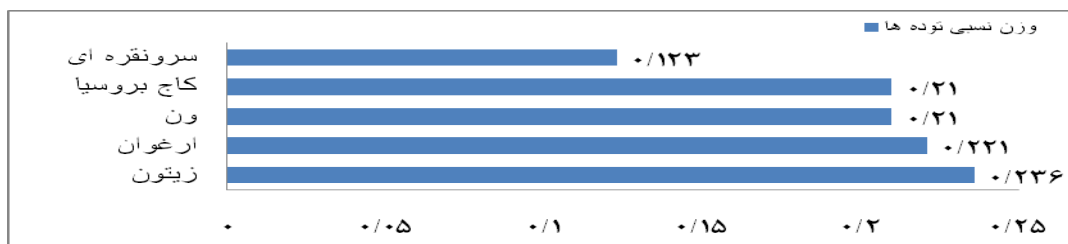


شکل ۴- وزن نسبی توده‌ها از نظر ارزش اقتصادی ترسیب کربن خاک

میزان ناسازگاری = ۰/۰۰



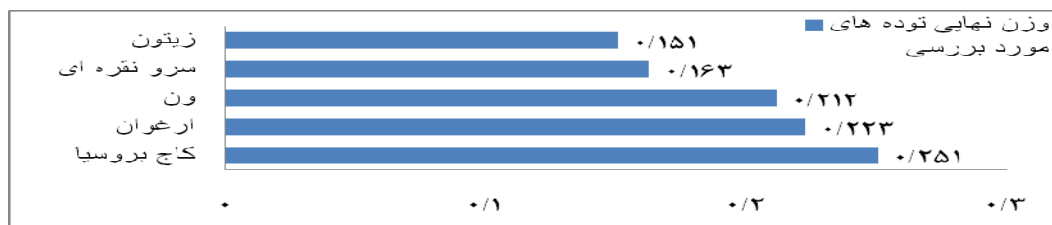
شکل ۵- وزن نسبی توده‌ها از نظر تنوع زیستی گونه‌های علفی در فضای باز توده‌ها



میزان ناسازگاری = ۰/۰۰

شکل ۶- وزن نسبی توده‌ها از نظر تنوع زیستی گونه‌های علفی در زیر تاج پوشش

میزان ناسازگاری = ۰/۰۰



شکل ۷- وزن نهایی توده‌های مورد بررسی در ارتباط با معیارهای تنوع زیستی، ترسیب کربن و ارزش اقتصادی آن

## بحث

همان‌طور که پیشتر ذکر شد هدف این پژوهش تعیین بهترین گونه برای جنگل‌کاری در مناطق مشابه براساس معیارهای تأثیرپذیر از نوع گونه (ترسیب کربن خاک، ارزش اقتصادی آن و تنوع زیستی) با استفاده از روش سلسله مراتبی (AHP) و همچنین تعیین متغیرهای خاکی مؤثر در ترسیب کربن خاک بود.

براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که بیشترین میزان ذخیره کربن و ارزش اقتصادی حاصل از آن در خاک گونه‌های سوزنی‌برگ (سروقره‌ای و کاج بروسیا) وجود داشت که با نتایج مطالعه (Nobakht *et al.*, 2011) و (Abdi, 2005) هم‌خوانی داشت. بنابراین به نظر می‌رسد که تجمع لاشبرگ در سطح خاک و حفاظت بیشتر توده‌های سوزنی‌برگ از خاک تأثیر زیادی در جلوگیری از هدر رفتن کربن دارد و بر این اساس سوزنی‌برگان کربن بیشتری را جذب می‌کنند (Cannell, 2003). به عبارتی، انتخاب گونه مناسب عاملی مهمی در کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد (Haghdoust *et al.*, 2011). همچنین Richards *et al.* (2007) پیشنهاد کردند که مدیریت روابط بین کربن آلی و سایر خواص خاک ممکن است یک پیش‌شرط مهم برای حفظ و افزایش کربن آلی خاک مناطق جنگل‌کاری شده باشد. در این خصوص، رابطه واضحی بین بافت خاک و ذخیره کربن آن مشاهده می‌شود (Borchers *et al.*, 1992). در پژوهش پیشرو بافت خاک اکثراً شنی لومی بود و مقدار رس با توجه به سنگلاخی بودن منطقه بسیار کم بود. با توجه به تأثیرپذیر بودن پوشش گیاهی از خصوصیات خاک در جنگل‌کاری باید به نحوی عمل نمود که شرایط رویشگاه با توجه به نیازهای گروه‌های اکولوژیک اصلاح گردد (Koch, 2007). آهک موجود در خاک گونه‌های سوزنی‌برگ بیشتر از پهن‌برگان می‌باشد که باعث ایجاد شرایط قلیایی شده است. البته مقدار جذب مواد غذایی توسط درختان، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تغییر در جذب نیتروژن و مقدار کربن به تغییرات pH وابسته می‌باشد (Augusto *et al.*, 2002). به علاوه، (Nobakht *et al.*, 2011) در تحقیقی نشان دادند که اجزای تشکیل‌دهنده بافت خاک از عوامل مؤثر بر مقدار ترسیب کربن خاک می‌باشد. غیر از

این، (Varamesh *et al.*, 2010) درصد رس را به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در افزایش ترسیب کربن معرفی کردند. نتایج تحقیقی دیگر از آنها (Varamesh *et al.*, 2011b) نشان داد که درصد سنگلاخی و درصد رس به‌ترتیب همبستگی مثبت و منفی با مقدار ماده آلی دارند، در مطالعه آنها شن یکی از مهمترین عوامل مؤثر در مقدار کربن آلی بود. نتایج آنها با نتایج موجود از نظر رس کاملاً هم‌خوانی داشت، از نظر درصد سنگلاخی و شن در این مطالعه نیز همبستگی وجود داشت ولی منفی بود، نتایج این تحقیق نشان داد که درصد سنگلاخی یک عامل مهم در نتایج رگرسیونی برای برآورد مقدار ذخیره کربن می‌باشد. آقای دکتر (Abdi, 2005) نیز افزایش سنگ، سنگریزه و شن در بافت خاک را عامل افزایش ترسیب کربن دانست و دلیل آن را سازگاری زیاد گون‌ها به خاک‌های سبک و واریزه‌ای نسبت داد که با نتایج موجود مطابقت دارد.

باید بیان داشت که نوع و ترکیب گونه‌های موجود در آشکوب فوقانی جنگل تأثیر زیادی در ورودی کربن به خاک دارند و مقدار کربن خاک را تغییر می‌دهند (Schulp *et al.*, 2008). تجمع لاشبرگ در سطح خاک در توده‌های سوزنی‌برگ را می‌توان به‌عنوان عاملی برای افزایش ترسیب کربن خاک دانست، از طرفی افزایش ترسیب کربن خاک می‌تواند ناشی از افزایش تنوع زیستی باشد (Anonymous, 1967) که این موضوع در توده‌های کاج بروسیا و سرو نقره‌ای مشاهده گردید. می‌توان گفت پوشش گیاهی هر رویشگاه به‌عنوان برآیندی از شرایط بوم‌شناختی و عوامل زیست‌محیطی حاکم بر آن رویشگاه می‌باشد (Moghadam, 2001)، زیرا ترکیب و ساختار آشکوب بالا از طریق دسترسی به منابع و شرایط (نور، آب و مواد غذایی خاک) و ساختار فیزیکی لایه (لاشبرگ) بستر بر پوشش کف اثر می‌گذارد (Uddin *et al.*, 2011).

باید بیان نمود که برای تصمیم‌گیری در این گونه موارد (جنگل‌کاری) نیاز به اطلاعات جامعی می‌باشد (Ashrafi *et al.*, 2007)؛ در نتیجه در این مطالعه علاوه بر اندازه‌گیری تنوع در چهار جهت اصلی جغرافیایی، در زیر تاج پوشش، اقدام به اندازه‌گیری تنوع در فضای باز نیز شد. نتایج نشان داد که گونه کاج بروسیا در زیر تاج پوشش حالت بینابین و در گروه پهن‌برگانی که آنها نیز

ارزیابی مسائل چند بعدی و متناقض بکار می‌رود ( Ghodsi Pour, 2006) استفاده شد. در نهایت با توجه به وزن نهایی محاسبه شده براساس معیار تنوع زیستی، ترسیب کربن خاک و ارزش اقتصادی آن به ترتیب گونه‌های کاج بروسیا، ارغوان و ون به‌عنوان بهترین گونه شناخته شدند، که برای جنگلکاری به‌منظور دسترسی به اهداف مذکور در مناطق مشابه معرفی می‌شوند.

### منابع مورد استفاده

#### References

- Abdi, N., 2005. Estimate the carbon sequestration capacity by *Astragalus* in Markazi and Isfahan provinces. MSc thesis (Grassland Science). Science and Research, Islamic Azad University, Tehran Branch, 194 p.
- Agheli Kohne Shahri, L., 2003. Calculation of Green GNP and stability degree of national income. PhD thesis of Economic Sciences, Faculty of Humanity Sciences, Tarbiat Modarres University, 225 p.
- Anonymous, 1967. Pasture development and range improvement through botanical and ecological studies. FAO, UNDP, No TA2311. Rome, 146 p.
- Anonymous, 2000. Carbon sequestration in desertified rangelands of Hossein Abad, South Khorasan province. Phase I UNDP in Iran, 10 p.
- Asadian, M., Hojjati, S.M., Pormajidian, M. R. and Falah, A., 2011. An Investigation on biodiversity in two Stands of *Pinus nigra* and *Fraxinus excelsior* plantations (Case study: Alandan series of Mazandaran Wood and Paper Company Forest Management Project, Sari Township). Local Conference on Forest and Environment guarantee Sustainable Development: 16.
- Ashrafi, M.H., Sanei Shariat Panahy, M. and Adeli, E., 2007. Investigation on forest herbaceous plant covers in softwood and hardwood plantations at Javaherdeh local area. Scientific and Research Journal of Agricultural Sciences, 13(2): 355-365.
- Augusto, L., Jacques, R., Binkly, D. and Roth, A., 2002. Impacts of several common tree species of European temperate forests on Soil Fertility. Annals of Forest Science, 59: 233-253.
- Azadi Nejat, S., Jalali, S and Ghodsi Pour, S., 2009. Application of analytic hierarchy process (AHP) evaluation of urban forestry in order to select the appropriate tree species in arid and semiarid regions. Third National Conference on Forest, Iran Forestry Community: 22-24.
- Barbier, S., Gosselin, F. and Balandier, P., 2008. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved- A critical review for temperate and boreal forests. Forest Ecology and Management, 254: 1-15.
- Borchers, J. G. and Perry, D.A., 1992. The influence of soil texture and aggregation on carbon and nitrogen dynamics in southwest Oregon forests and clear cuts. Canadian Journal of Forest Research, 22: 298-

حالت بینابین داشتند قرار می‌گرفت که دلیل آن را می‌توان تاج پوشش متراکم این گونه و کاهش دسترسی به نور دانست (Ashrafi et al., 2007) ولی در فضای باز آن از بیشترین مقدار تنوع زیستی برخوردار بود که آن را می‌توان به خصوصیات رویشی گونه و فراهم کردن شرایط برای حضور گونه نور و سایه‌پسند نسبت داد.

مطالعه‌های مختلفی در راستای تنوع زیستی در توده‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ انجام شده است. آقایان Mohammad Nejad Kyasary et al. (2007) بررسی تنوع زیستی پوشش گیاهی در جنگل‌های دست-کاشت سوزنی‌برگ، بیان کرده‌اند که در توده کاج سیاه، دلیل شرایط ویژه خاک (pH و وجود مواد خثی‌شونده) و کیفیت رویشی گونه درختی در این توده، افزایش فراوانی و غنای پوشش گیاهی در این عرصه صورت گرفته است که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. نویسندگانی همانند Cusack & Virolanen et al. (1998) و Montagnini & Humphery et al. (2000) در مورد جنگل کاری با سوزنی‌برگان، به اثر مثبت کاشت سوزنی‌برگ در افزایش تنوع گونه‌های بومی اشاره می‌کنند. نتایج آنها نشان داد که سوزنی‌برگی مانند سرونقره‌ای باعث کاهش تنوع می‌گردد، که با نتایج مطالعه (Ito et al. 2004) و Ashrafi et al. (2007) هم‌خوانی داشت ولی در سوزنی-برگی مانند کاج بروسیا از نظر تنوع گونه‌های علفی کف در گروه پهن‌برگان قرار گرفت، یا حتی در فضای باز وضعیت بهتری را نیز داشت که مخالف نتایج ذکر شده است و با نتایج (Cusack and Virolanen et al. 1998) و Montagnini & Humphery et al. (2000) هم‌خوانی دارد. آقایان Mohammad Nejad Kyasary et al. (2007) نیز اشاره می‌کنند که گونه‌های سوزنی‌برگ با کمترین درصد پوشش لاشبرگ، امکان بیشترین توسعه غنا و یکنواختی را به وجود می‌آورند که با نتایج موجود هم‌خوانی دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در هر معیار گونه‌ها شرایط مختلفی را داشتند، به‌طوری‌که امکان تصمیم‌گیری به صورت مستقیم نبود، از طرفی برای تصمیم‌گیری در جنگل کاری نیاز به اطلاعات جامعی می‌باشد (Ashrafi et al., 2007). برای دستیابی به این هدف از یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (تحلیل سلسله مراتبی) که برای

- Research, 11(3): 411-446.
- Nobakht, A., Pourmajidian, M., Hojjati, M. and Fallah, A., 2011. A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures. *Iranian Journal of Forest*, 3(1): 13-23.
  - Panahipour, M.S.A., Koupahy, M., Makhdoom, M. and Zahedi, GH., 2007. Estimation of economical value of soil conservation function of Caspian forests of Iran (Case studies: Forest management projects of kheyroudkenar, Mazandaran Wood and Paper Company and Shafaroud Company. *Natural Resources Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 76(3): 1-9.
  - Pourbabaei, H., 1998. Biodiversity of woody species in the forests of Guilan province. PhD thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences. Tarbiat Modares University, 246 p.
  - Razakamanarivo, R. H., Grinand, C., Razafindrakoto, M.A., Bernoux, M. and Alberecht, A., 2011. Mapping organic carbon stocks in *Eucalyptus* Plantations of the central highlands of Madagascar: A multiple regression approach, *Geoderma*, 162: 335-346.
  - Richards, A.E., Dalal, R.C. and Schmidt, S., 2007. Soil carbon turnover in native subtropical tree plantations. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 2078-2090.
  - Roustab, T., 2011. Estimating the economic value of carbon sequestration for *Pistacia* and *Amygdalus scoparia* species in Firuzabad Research Forest. MSc thesis, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 100 p.
  - Schulp Catharina, J. E., Naburus, G.J., Verburg, P.H. and Waal, R.W., 2008. Effect of tree species on carbon stock in forest floor and mineral soil and implication for soil carbon inventories. *Forest Ecology and Management*, 256: 482-490.
  - Tao Lü, X., Xia Yin, J. and Wei Tang, J., 2011. Diversity and composition of understory vegetation in the tropical seasonal rain forest of Xishuangbanna., SW China. *Revista de Biología Tropical*, 59(1): 455-463.
  - Tchouto, M.G.P., De Boer, W.F., De Wilde, J. and Van der Maesen, L.J.G., 2006. Diversity patterns in the flora of the Campo-Ma'an rain forest, Cameroon: do tree species tell it all? *Biodiversity Conservation*, 15: 1353-1374.
  - Uddin, B.M., Steinbauer, J.M. and Beierkuhnlein, C., 2011. Diversity, stand characteristics and spatial aggregation of tree species in a Bangladesh forest ecosystem. *Diversity*, 3: 435-465.
  - Varamesh, S., Hosseini, S.M. and Abdi, N., 2011. Estimate atmospheric carbon sequestration in urban forest resource. *Journal of Ecology*, 32(57): 113-120.
  - Varamesh, S., Hosseini, S., Abdi, N. and Akbarinia, M., 2010. Effects of afforestation to increase carbon sequestration and improved soil properties. *Iranian Journal of Forest*, 2(1): 25-35.
  - Virolainen, K. M., Soumi, T. and Suhonen, J., 1998. Conservation of Vascular plant in single large and several small mires. Species richness, rarity land taxonomic diversity. *Applied Ecology*, 35: 700-707.
  - Cannell, R., 2003. Carbon sequestration and biomass energy offset: theoretical, potential and achievable capacities globally, in Europe and UK. *Biomass and Bioenergy*, 24: 97-116.
  - Chen, F.S., Zeng, D.H., Fahey, T.J. and Liao, P.F., 2010. Organic carbon in soil physical fractions under different-aged plantations of Mongolian pine in semi-arid region of Northeast China. *Applied Soil Ecology*, 44: 42-48.
  - Cusack, D. and Montagnini, F., 2004. The role of native species plantations in recovery of understory Woody diversity in degraded pasture-land of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 188: 1-15.
  - Esmailzade, O. and Husseini, S.M., 2007. Relationship between biodiversity indicators and plant ecological groups in Afra Takhte Protected forest of *Taxus baccata*. *Journal of Ecology*, 43: 21-30.
  - Ghodsi Pour, H., 2006. Analytical Hierarchy Process. MSc thesis, Amir Kabir Industrial University, Tehran, 220 p.
  - Haghdoost, N., Akbarinia, M., Hosseini, S. M and Kooch, Y., 2011. Conversion of Hyrcanian degraded forest to plantations: Effects on soil C and N stock. *Annals of Biological Research*, 50(2): 385-399.
  - Hojjati, S. M., 2008. The impact of canopy composition on the nutrition status of an admixed spruce and beech forest at Solling, central Germany. Dissertation – Buesgen Institute- Soil Science of temperate and Boreal Ecosystem, Georg –August Goettingen University, 114p.
  - Humphery, J., Ferris, R. and Jukes, M., 2000. Biodiversity in planted forest. Results from the forestry commission's biodiversity assessment program. Forestry commission technical paper, Edinburgh. 117 p.
  - Ito, S., Nakayama, R. and Buckley, G.P., 2004. Effects of previous land-use on plant species diversity in semi-natural and plantation forests in a warm-temperate region in southeastern Kyushu, Japan. *Forest Ecology and Management*, 196: 213-235.
  - Jafari Haghighi, M., 2003. Methods of Soil Analysis, Sampling and important physical and chemical analysis (with emphasis on theory and practical principals). Nedaye Thoaha Publishers, 236 p.
  - Kooch, Y., 2007. Determination and Separation of ecological units and their relationship with some soil properties in lowland forest of Chalous Khanykan local area. MSc thesis, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Sary, 100 p.
  - Li, Y., Awada, T., Zhou, X., Shang, W., Chen, Y., Zuo, X., Wang, S., Liu, X. and Feng, J., 2012. Mongolian pine plantations enhance soil physico-chemical properties and carbon and nitrogen capacities in semi-arid degraded sandy land in China. *Applied Soil Ecology*, 56: 1-9.
  - Moghaddam, M. R., 2001. Descriptive and statistical ecology of vegetation. Jihad of Tehran University Press, 285 p.
  - Mohammadnejad-Kiasari, SH., Dastmalchi, M., Mousavi, S.A.R. and Jafari, B., 2003. Soft –wood species trial on low altitude site of Neka Forest of Caspian region. *Iranian Journal of Forest and Poplar*

## Investigation on soil carbon sequestration and understory biodiversity of hard wood and soft wood plantations of Khoramabad city (Makhamalkoh site)

A. Azadi<sup>1\*</sup>, S.M. Hojati<sup>2</sup>, H. Jalilvand<sup>3</sup> and H. Naghavi<sup>4</sup>

1\*- M.Sc student, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I.R. Iran. Email: Akramazadi1988@yahoo.com.

2- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I.R. Iran.

3- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I. R. Iran.

4- PhD Student, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, I.R. Iran.

Received: 30.09.2012

Accepted: 08.06.2013

### Abstract

In forestry, human seeks to achieve a new ecological system which suits local conditions. The aim of the research is to investigate soil carbon sequestration and its economic value, herbaceous cover biodiversity of the studied forest plantation stands and introduce factors affecting carbon sequestration. In order to measure biodiversity in five stands, 10 healthy and dominant trees were selected at each stand and 1 x 1 m. plots were allocated under each canopy cover (at four geographical aspects) and out of it at north aspect. Sampling was made from soil surface beneath each tree's canopy cover. The results showed that the greatest species according to the studied criteria, using Analytical Hierarchy Process, were *Pinus brutia*, *Cercis siliquastrum* and *Fraxinus excelsior*, respectively and they are recommended for forest plantation at similar ecological conditions. Furthermore, step by step regression analysis showed that gravel %, moisture %, bulk density and organic content % are the most effective parameters for carbon storage.

**Key words:** Forestry, Economic value, AHP (Analytical Hierarchy Process), *Pinus brutia*, *Cercis siliquastrum* and *Fraxinus*