پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۶، شماره ۱۱، پاییز و زمستان ۱۳۹٤، از صفحه ۱۰۹ تا ۱۲۲

ارزیابی تخریب تا پایداری اکوسیستم جنگل شهری (مطالعه موردی: سوزنی برگان پارک جنگلی سرخه‌حصار)

سارا تیموری*[۱]، مجید مخدوم[۲]، جهانگیر فقهی[۳]، نادیا عباس‌زاده تهرانی[۴]

۱ دکتری جنگلداری، گروه جنگلداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران
۲ استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران
۳ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران
۴ استادیار هوافضا، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۲۹؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۲/۰۹)

چکیده

با توجه به وجود عوامل متفاوت و پیچیدگی اثرگذاری آن‌ها بر سلامتی و پایداری جنگل‌های شهری، این تحقیق تلاش کرده است که با تفکیک مشخصه‌های اثرگذار در یک اکوسیستم و تقسیم‌بندی اکوسیستم جنگلی دست‌کاشت سرخه‌حصار به واحدهای همگن از لحاظ عوامل طبیعی (شیب، جهت، ارتفاع، عمق خاک) و عوامل انسانی (میزان آبیاری و شدت تفرج)، اثر آن‌ها بر پایداری اکوسیستم را مورد بررسی قرار دهد. کیفیت سوزنی برگان پارک که شامل کاج تهران، سرو نقره‌ای و زربین می‌باشند، مورد مطالعه قرار گرفت. معیارهای سنجش واحدهای همگن در این بررسی ارتفاع، رویه‌زمینی، قطر تاج، تقارن تاج و شادابی درختان، تراکم پوشش علفی و درجه تاج‌پوشش بودند. به‌منظور بررسی اثر تفرج بر کوبیدگی خاک، وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاک در دو عمق ۰ – ۱۵ و ۱۵ – ۳۰cm اندازه‌گیری شدند. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که مجموعه‌ای از عوامل بر سلامتی و پایداری رویشگاه اثرگذار است، در حالی‌که که شیب و عمق خاک از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده می‌باشند. در حقیقت، با کاهش عمق خاک و افزایش شیب و قرارگیری آن در آستانه بیشتر از ۱۵ درصد، با اختصاص عرصه به کاربری تفرج متمرکز، رویشگاه به شدت به سوی ناپایدار شدن پیش خواهد رفت. در عین حال بررسی‌ها نشان دادند، گونه زربین در شرایط مشابه پایدارتر از دو گونه کاج تهران و سرو نقره‌ای عمل نموده است.

کلید واژه‌ها: پایداری، تفرج، جنگل‌شهری، شادابی، کوبیدگی خاک

* نویسنده مسئول: Email: sarateimouri@ut.ac.ir

سرآغاز

زندگی در سطح موجود زنده یا اکوسیستم یا اکوسفر بستگی به جریان انرژی و گردش ماده دارد و اگر عناصر، جریان چرخه‌ای و یا بازگشت وجود نداشته باشد و یا سرعت آن‌ها متناسب با نیازهای عناصر اکوسیستم نباشد، به‌تدریج منابع موجود پایان یافته و حیات اکوسیستم‌ها پایان خواهد یافت. به بیان دیگر، هر یک از موجودات زنده یک میزان حد بردباری یا آستانه تحمل دارند و هنگامی که شرایط محیطی از آستانه تحمل آن‌ها فراتر رود، به دلیل پیش آمدن بازخور مثبت، کنترل نظام می‌تواند از حد خارج شود (میلر، ۱۳۷۴). یک فرایند پایدار فرایندی است که بدون انفصال یا تضعیف و یا از دست دادن کیفیت‌های با ارزش بتواند حفظ شود (Brundtland, 1987). در حقیقت پایداری در اکوسیستم‌های بالغ، مرهون شبکه پویای تداخل بین گونه‌ای و میان گونه‌ای و محیط اطراف آن‌هاست (میلر، ۱۳۷۴). می‌توان گفت اکوسیستم پایدار، اکوسیستمی است که نیازهای اساسی ذی‌نفعان خود را برآورده می‌سازد، در حالی‌که در محدوده ظرفیت برد اکوسیستم‌های پشتیبان خود عمل می‌کند (Makhdoum, 1986).

Clark و همکارانش در سال 1997، درختانی که به‌صورت طبیعی یا دست کاشت در محیط شهری حضور داشته و زیستگاهی با فواید اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی، و اکولوژیکی، در زمان حال و آینده ایجاد می‌نماید را جنگل شهری پایدار نامیده است (Clark et al., 1997). Dwyer معتقد است جنگل شهری پایدار قادر به حفظ تنوع‌زیستی، حاصلخیزی، تجدید نسل، شادابی و تمامی کارکردهای مربوط به آن مانند خدمات اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشد (Dwyer et al., 2003). در یک تعریف کلی، می‌توان جنگل و درختانی را سالم و شاداب دانست که توانایی برگشت‌پذیری در پاسخ به فشارهای محیطی و تخریب را دارا باشند (Forest Health Highlights Vermont, 2002; Wheal, 2006)

از جمله موارد اثرگذار بر سلامتی درختان و پایداری جنگل‌های شهری تفرج می باشد (Leung and Pickering et al., 2009; Marion, 2000; مخدوم و خراسانی، ۱۳۶۳).

از مهم‌ترین آثار اکولوژیکی تفرج، فشردگی خاک و فرسایش، لگدکوب کردن پوشش گیاهی و آسیب به درختان سرپاست (Kuss et al., 1990; Hammitt & Cole, 1998; Leung and Marion, 2000).

Amrein و همکارانش در سال ۲۰۰۵، بیان می‌دارند تراکم خاک بر اثر تفرج افزایش یافته ارتفاع، تراکم و غنای گونه‌ای در لایه علفی و خشبی کاهش می‌یابد (Amrein et al., 2005).

با توجه به مفهوم سینرژی (میلر، ۱۳۷۴)، عوامل محیطی گوناگون در میزان اثرگذاری تفرج دخیل هستند. در حقیقت، عواملی مانند نوع پوشش گیاهی، شیب، جهت جغرافیایی، نوع و عمق خاک و شرایط آب و هوایی بر افزایش و کاهش نشانزد ناشی از تفرج‌کنندگان (سینرژی مثبت و منفی) اثرگذار می‌باشند (Hill and Pickering, 2009؛ مخدوم و خراسانی، ۱۳۶۳).

Somanathan و همکارانش در سال ۲۰۰۵، تفاوت معناداری را بین جهت‌های مختلف و به‌خصوص جهت شمالی به دلیل دریافت رطوبت بیشتر با سایر جهات به لحاظ پوشش گیاهی مشاهده نمودند (Somanathan et al., 2005). در بررسی مشابهی ارتفاع در طبقات با فاصله زیاد (۷۰۰ و ۱۷۰۰ و ۲۷۰۰ و ۳۱۰۰) و خاک ارتباط معناداری با حاصل‌خیزی و تغییرات رویش و غنای گونه‌ای نشان دادند (Aiba et al., 2005).

اساس بیشتر مطالعات در ارزیابی سلامتی درختان، تقارن و تراکم تاج و یا شدت و وسعت برگ‌ریزی می‌باشد (Durrant & Boswell, 2002). به طور مثال، اثر کم‌آبی بر درختان متنوع بوده و مهمترین آن شامل زرد شدن و ریزش برگها، خزان زودرس، مرگ جوانه‌ها و در نهایت حمله آفت و بیماری‌ها می‌باشند (Forest Health Highlights Vermont, 2002) و یا شیب‌های متفاوت باعث ایجاد تفاوت در نور، گرما، رطوبت و شرایط خاک (فرسایش و کاهش عمق) شده و به نوعی توان اکولوژیک را تحت تأثیر قرار داده و این نیز به نوبه خود سبب تفاوت در تاج درختان خواهد شد (Bale et al., 1998).

Clark و همکارانش در سال 1997، از جمله معیارهای که می‌توان با استفاده از آن‌ها درباره پایداری اکوسیستم جنگلی شهری داوری نمود را تاج درختان، ناهمسالی جوامع جنگلی، ترکیب گونه‌ای و بومی بودن گونه‌ها معرفی می‌نماید (Clark et al., 1997). در حقیقت معیارهای مرتبط با پوشش گیاهی مانند سلامتی درختان و

معیارهـای مـرتبط بـا خـاک ماننـد درجـه فشـردگی، از جملـه مـواردی هسـتند کـه در بررسـی پایـداری اکوسیسـتم جنگلـی بایـد مـدنظر قـرار گیرنـد (Ward et al., 2002; Oliver, 2004; Sheil et al., 2004; Gray & Azuma, 2005).

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تفاوت ویژگی‌های سوزنی برگان پارک سرخه‌حصار (کاج تهران، زربین و سرو نقره‌ای) مانند ارتفاع، رویه زمینی، قطر تاج، شادابی و همچنین تراکم پوشش علفی در یک رویشگاه، با توجه به تفاوت شرایط فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع)، عمق خاک و عوامل انسانی تفرج و آبیاری و در نهایت، تعیین مجموعه‌ای از بهترین شرایط به منظور جلوگیری از رسیدن به آستانه تخریب اکوسیستم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پارک جنگلی سرخه‌حصار با مساحتی بالغ بر ۴۵۰ هکتار واقع در شرق تهران در محدوده جغرافیایی بین ۳۰ ۵۱ تا ۳۵ ۵۱ طول شرقی و ۴۲ ۳۵ تا ۴۴ ۳۵ عرض شمالی، در حاشیه جاده دماوند و در جنوب ترمینال مسافربری غرب، به‌عنوان یکی از ریه‌های تنفسی شهر محسوب می‌شود که با توجه به جهت باد غالب شهر تهران، فرایند تولید اکسیژن آن نقش قابل ملاحظه‌ای در تلطیف هوای شهر دارد.

متوسط بارندگی سالانه منطقه مورد مطالعه ۳۳۴/۲ میلی‌متر برآورد شده است که بخشی از آن به خصوص در ماه‌های آذر، دی و بهمن به صورت برف ریزش می‌کند. میانگین درجه حرارت سالانه ایستگاه دوشان‌تپه ۱۲/۶ درجه سانتی‌گراد بوده و مقادیر درجه حرارت حداکثر مطلق و حداقل مطلق این ایستگاه به ترتیب ۴۳+ و ۱۲- درجه سانتی‌گراد می‌باشند. ماه‌های تیر و مرداد گرم‌ترین ماه‌های سال و ماه‌های دی و بهمن سردترین ماه‌های سال می‌باشند. از نظر اقلیمی، منطقه به روش آمبرژه نیمه‌خشک سرد می‌باشد که طول دوره خشکی در آن به نسبت طولانی و حداقل به ۶ ماه در سال می‌رسد (طرح جامع توسعه و بهسازی پارک جنگلی سرخه حصار، ۱۳۸۵).

روش

نقشه واحدهای همگن

جهت مطالعه آثار محیط (شیب، جهت، ارتفاع، عمق خاک)، تفرج و آبیاری بر پوشش گیاهی، ابتدا عوامل مذکور طبقه‌بندی شدند جدول (۱).

جدول (۱): طبقات واحدهای همگن

طبقات	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ارتفاع	۱۳۵۰-۱۲۸۰	۱۴۰۰-۱۳۵۰	۱۴۵۰-۱۴۰۰	-	-	-
شیب (درصد)	۲-۰	۵-۲	۱۰-۵	۱۵-۱۰	۳۰-۱۵	بیشتر از ۳۰
جهت	مسطح	شمال	شرق	جنوب	غرب	-
خاک	کم‌عمق	نیمه‌عمیق	عمیق	-	-	-
تفرج	گسترده	نیمه‌متمرکز	متمرکز	-	-	-
آبیاری	کم	متوسط	زیاد	-	-	-

در حقیقت نقشه طبقات ارتفاع، شیب، جهت، عمق خاک، شدت تفرج و آبیاری تهیه شده و با روی‌هم‌گذاری آن‌ها در محیط GIS نقشه واحدهای همگن تهیه شد.

به منظور تهیه نقشه شیب و جهت و ارتفاع، نقشه توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور مبنا قرار گرفته است.

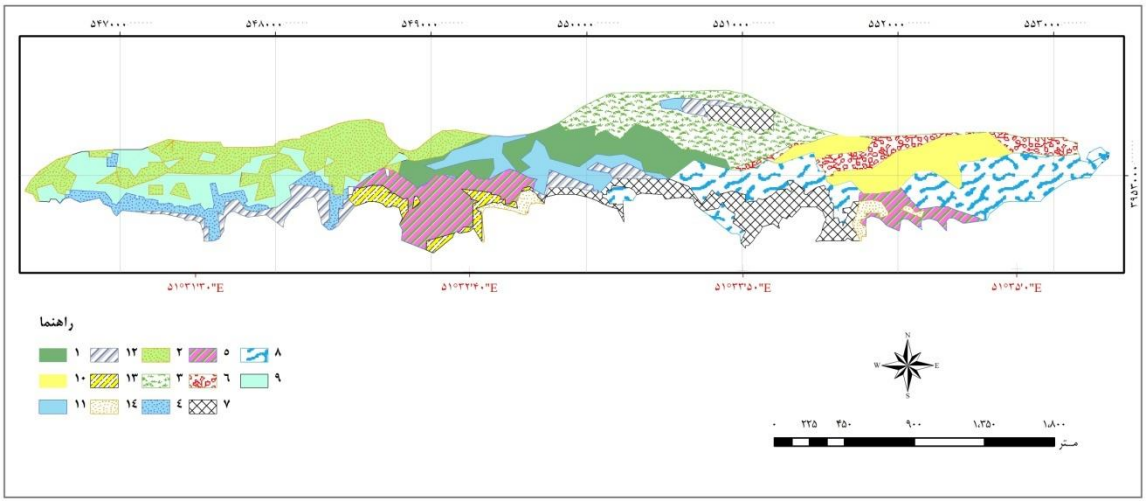
جهت استخراج تمرکز تفرج، از دو فاکتور اصلی فاصله تا امکانات رفاهی و شیب زمین استفاده شده است. به طوری که کلیه مسیرهای دسترسی در سرتاسر پارک و مراکز با امکانات رفاهی مانند بوفه و سرویس‌های بهداشتی بر روی نقشه جانمایی شدند. نقشه حاصل، در محیط GIS ابتدا تحت بافر ۱۰۰ متر فاصله، قرار گرفت. سپس طبقات ۴، ۵ و ۶ شیب که در حقیقت شیب بالای ۱۰ درصد می‌باشد از نقشه حاصل جدا شد. نقشه باقی‌مانده، نمایانگر مراکز تفرج متمرکز در سطح پارک می‌باشد (مخدوم، ۱۳۸۰).

جهت تهیه نقشه مراکز تفرج نیمه متمرکز، پس از اعمال بافر ۲۰۰ متر فاصله، طبقات شیب ۵ و ۶ که در حقیقت شیب بالای

۱۵ درصد می‌باشند، از نقشه حاصل جدا شد. در نهایت، پس از حذف نقشه تفرج متمرکز، نقشه مراکز تفرج نیمه‌متمرکز، نهایی شد (مخدوم، ۱۳۸۰).

با حذف مراکز تفرج متمرکز و نیمه‌متمرکز از محدوده اصلی پارک، نقشه باقیمانده که شامل مناطق دور از مراکز رفاهی و یا دارای شیب بالای ۱۵ درصد است، نقشه مراکز تفرج گسترده حاصل شد (مخدوم، ۱۳۸۰). از ادغام سه نقشه مذکور نقشه طبقات تفرج به دست آمد.

نقشه عمق خاک از شهرداری منطقه ۱۳ دریافت شد. آبیاری در پارک ثقلی است و از مناطق مرتفع آغاز شده و در انتها به مناطق کم ارتفاع ختم می‌شود. در حقیقت، نقشه طبقات آبیاری و طبقات ارتفاع بر یکدیگر منطبق می‌باشند. با روی‌هم‌گذاری نقشه‌های مذکور در محیط GIS نقشه واحدهای همگن تهیه شد نقشه (۱). براساس نقشه (۱)، منطقه از ۱۴ واحد همگن تشکیل شده است.



نقشه (۱): پراکنش واحدهای همگن در سطح منطقه

آمار برداری

جهت دستیابی به ویژگی‌های کمی و کیفی درختان و درختچه‌ها، پوشش علفی و خاک، شبکه آماربرداری به‌طور جداگانه برای هر یک از واحدهای همگن تهیه شد. ابعاد شبکه با توجه به مساحت واحدهای همگن به گونه‌ای تعیین شد که در هر واحد همگن حدود ۱۰–۱۵ قطعه نمونه قرار گیرد (زبیری، ۱۳۸۱). معیارهای موردنظر جهت سنجش واحدهای همگن، رویه‌زمینی، ارتفاع، قطر کوچک و بزرگ تاج، شادابی، تراکم پوشش علفی، تاج پوشش و مشخصه‌های فیزیکی خاک هستند.

- سه درخت نزدیک به مرکز قطعه نمونه انتخاب شده و از لحاظ رویه زمینی، ارتفاع، قطر کوچک و بزرگ تاج مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. همچنین، شادابی عمومی آن‌ها تعیین شد (که در تعیین آن فاکتورهای خشکیدگی سوزن‌ها، تراکم تاج، آلودگی به آفات و امراض، خشکیدگی سرشاخه‌ها و آسیب تنه مورد ارزیابی بصری قرار گرفتند).
- وزن مخصوص ظاهری خاک و تخلخل در مراکز قطعات نمونه در ۲ عمق ۰– ۱۵ و ۱۵– ۳۰ مورد بررسی قرار گرفت.
- تراکم پوشش علفی و تاج پوشش در چارچوب نه متر مربع به ابعاد ۳×۳ متر در مرکز قطعه نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت.

جهت مقایسه نمونه‌ها، از آزمون Leven جهت آزمودن همگنی واریانس‌ها، برای بررسی مشخصات کمی استفاده شد. سپس آزمون نرمال بودن بر روی باقیمانده‌ها اعمال شد. در صورت نرمال بودن پراکنش باقیمانده‌ها و همگنی واریانس‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون دانکن استفاده شد. در صورت نرمال بودن پراکنش باقیمانده‌ها و عدم همگنی واریانس‌ها، از تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون جیمز– هاول استفاده شد. در صورت نرمال نبودن داده‌ها و یا بررسی مشخصات کیفی، از آزمون کروسکال والیس و من– ویتنی استفاده شد.

روش امتیازدهی

جهت امتیازدهی به واحدهای همگن، داده‌های برداشت شده از هر معیار، از کوچک به بزرگ ردیف شدند. ابتدای هر ستون با

توجه به واحد همگن مربوط به آن شروع شده و با واحدهای بعدی ادامه یافت. جهت تعیین فاصله بین امتیاز واحدهای همگن (این که چقدر با یکدیگر اختلاف دارند)، هر جا که اختلاف با واحد همگن بعدی با توجه به نتایج تحلیل‌های آماری معنی‌دار شد ستون بسته و ادامه مقایسه به ستون بعد منتقل شد. با توجه به تکرار هر داده در ستون‌های مختلف، میانگین امتیاز ستون‌ها برای آن داده منظور شد. در نهایت، امتیاز هر واحد همگن برای مشخصه مورد نظر به دست آمد. جهت تعیین مجموع امتیاز هر واحد همگن، معیارهای مورد نظر جهت سنجش واحدهای همگن، بسته به ارزش خود اولویت‌بندی شده و ضریب گرفتند. با اعمال ضرایب در امتیاز هر واحد همگن، امتیاز واقعی محاسبه شد. در نهایت، بسته به امتیاز هر واحد همگن، درجه تعلق آن به پایداری و یا تخریب تعیین شد.

ضرایب معیارها

معیارهای سنجش واحدهای همگن با یکدیگر از لحاظ نمایش پایداری اکوسیستم هم وزن نمی‌باشند. بلکه با عوامل نمایانگر پایداری، رابطه کاملا مستقیم یا غیرمستقیم دارند. بر این اساس معیارها دارای ضریب شدند (جدول ۲).

نوع و تراکم گیاهان علفی، خشبی و چوبی سطح خاک جنگل بستگی به عوامل متعددی از قبیل کیفیت رویشگاه، شدت نور، اسیدیته خاک، رطوبت موجود در سطح خاک، تفرج و دخالت‌های انسان دارد. بین نوع و تراکم پوشش زنده و ویژگی‌های کلی جنگل از نظر تولید، درجه حاصلخیزی و مرغوبیت رویشگاه، وضعیت تحول و تکامل رابطه مستقیم وجود دارد (مروی مهاجر، ۱۳۸۴؛ Amrein, et al., 2005). همچنین، ارتفاع درختان تحت تاثیر شرایط اقلیمی، خاک و موقعیت درخت در توده بوده و یکی از مهم‌ترین معیارهای مرغوبیت رویشگاه می‌باشد (مروی مهاجر، ۱۳۸۴). تا جایی‌که آسیب‌های وارد شده به درختان در اثر تفرج اثر مستقیم بر کاهش ارتفاع توده داشته و تا حد معنی داری از رشد درختان و درختچه‌های سرپا خواهد کاست (Guyette & Stambaugh, 2004; Rusterholz et al., 2009; Hegetschweiler et al., 2009).

شادابی و سلامتی درختان به معنای عدم وجود آفات و امراض، تراکم تاج، عدم خشکیدگی سرشاخه‌ها و سلامت تنه، همانگونه که شرح داده شد از جمله معیارهایی است که ارتباط مستقیم با پایداری اکوسیستم جنگلی دارد و هر گونه اختلال در اکوسیستم به صورت ضعف در گیاهان نمود پیدا خواهد کرد.

ویژگی‌های ارثی، عوامل رویشگاهی و محیطی و شکل تاج، در رشد قطری و رویه‌زمینی موثر می‌باشند. شایان ذکر است که قطر زیاد درخت همیشه نشان‌دهنده خوبی یک درخت نیست، بلکه از نظر جنگل شناسی سلامت درخت و منظم بودن دوایر سالانه مهم‌تر از قطر زیاد و یا عرض زیاد دوایر سالانه است (مروی مهاجر، ۱۳۸۴).

درجه تاج پوشش تا حدی مرغوبیت جنگل را تعیین می‌کند. به طوری‌که هر چه جنگل مخروبه‌تر باشد درجه تاج پوشش آن کمتر است. در عین حال، درجه تاج پوشش به عوامل مختلفی از جمله تراکم و سن توده بستگی دارد (مروی مهاجر، ۱۳۸۴). در جنگل شهری تاج پوشش می‌تواند به دلیل تراکم زادآوری نابجا از گونه‌های ناخواسته ایجاد شود که در مدیریت توده اختلال ایجاد می‌نماید.

قطر و تقارن تاج علاوه بر سلامتی درخت، با توجه به درجه تاج‌پوشش و شیب زمین و همچنین شرایط رویشگاه تغییر می‌یابند (Bale et al., 1998).

جدول (۲): ضرایب معیارهای سنجش واحدهای همگن

پوشش علفی	ارتفاع	شادابی	رویه‌زمینی	تاج‌پوشش	قطر تاج	تقارن تاج
۳	۳	۳	۲	۱	۱	۱

یافته‌ها

مشخصات واحدهای همگن در جدول (۳)، آمده است. جدول (۴)، نشان‌دهنده نحوه امتیازدهی به واحدهای همگن در زمینه پوشش علفی درختان کاج تهران می‌باشند که به طور مثال آورده شده است. جهت امتیازدهی به واحدهای همگن در زمینه سایر معیارها در رابطه با سه گونه موردنظر از همین روش استفاده شده است.

جدول (۳): مشخصات واحدهای همگن

مشخصات / واحد همگن	ارتفاع	شیب	جهت	خاک	تفرج	آبیاری
۱	۱۴۰۰–۱۳۵۰	۱۰–۵	شمال	نیمه عمیق	متمرکز	متوسط
۲	۱۴۵۰–۱۴۰۰	۱۰–۵	شمال	نیمه عمیق	متمرکز	زیاد
۳	۱۴۰۰–۱۳۵۰	۱۰–۵	شمال	عمیق	متمرکز	متوسط
۴	۱۳۵۰–۱۲۸۰	۳۰–۱۵	شمال	نیمه عمیق	گسترده	کم
۵	۱۴۰۰–۱۳۵۰	۱۵–۱۰	شمال – غرب	کم عمق	نیمه متمرکز	متوسط
۶	۱۴۵۰–۱۴۰۰	۵–۲	مسطح	عمیق	متمرکز	زیاد
۷	۱۴۵۰–۱۴۰۰	۳۰–۱۵	شمال	نیمه عمیق	گسترده	زیاد
۸	۱۴۵۰–۱۴۰۰	۱۰–۵	شمال	نیمه عمیق	متمرکز	زیاد
۹	۱۳۵۰–۱۲۸۰	۱۵–۱۰	شمال	نیمه عمیق	نیمه متمرکز	کم
۱۰	۱۴۵۰–۱۴۰۰	۱۰–۵	شمال	عمیق	متمرکز	زیاد
۱۱	۱۴۰۰–۱۳۵۰	۱۵–۱۰	شمال	نیمه عمیق	نیمه متمرکز	متوسط
۱۲	۱۴۰۰–۱۳۵۰	۳۰–۱۵	شمال	نیمه عمیق	گسترده	متوسط
۱۳	۱۴۰۰–۱۳۵۰	۳۰–۱۵	شمال	کم عمق	گسترده	متوسط
۱۴	۱۴۵۰–۱۴۰۰	۳۰–۱۵	شمال	کم عمق	گسترده	زیاد

جدول (۴): امتیاز واحدهای همگن در رابطه با پوشش علفی درختان کاج تهران

امتیاز / واحد همگن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	میانگین امتیازها
۱۴	۱۴											۱
۵	۵	۵										۱/۵
۸	۸	۸	۸									۲
۱	۱	۱	۱	۱								۲/۵
۳	۳	۳	۳	۳	۳							۳
۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳							۳
۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲							۳
۲		۲	۲	۲	۲	۲						۴
۷		۷	۷	۷	۷	۷	۷					۴/۵
۱۱		۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱				۵
۹		۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹			۵/۵
۶			۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶		۶/۵
۱۰					۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۸

جدول (۵)، نمایانگر مجموع امتیاز واحدهای همگن پس از اعمال ضرایب معیارها، در رابطه با درختان کاج می‌باشد.

جدول(۵): مجموع امتیاز واحدهای همگن در رابطه با درختان کاج تهران

میانگین امتیاز / واحد همگن	ارتفاع×۳		رویه‌زمینی×۲		تقارن تاج	شادابی×۳		قطر تاج	تاج پوشش	پوشش‌علفی×۳		مجموع امتیاز		
۱	۹/۵	۲۸/۵	۸	۱۶	۱	۹	۲۷	۱۰/۶	۱۰/۵	۲/۵	۷/۵	۱۰۱/۱	۱۰۱/۱	۱
۲	۹	۲۷	۹/۵	۱۹	۳/۵	۴	۱۲	۶/۹	۸/۷	۴	۱۲	۸۹/۱	۹۳/۹	۷
۳	۶/۵	۱۹/۵	۵/۵	۱۱	۷	۲/۵	۷/۵	۱/۵	۶/۹	۳	۹	۶۲/۴	۸۹/۱	۲
۵	۱/۵	۴/۵	۳	۶	۳/۵	۲/۵	۷/۵	۲/۵	۵	۱/۵	۴/۵	۳۳/۵	۸۶	۶
۶	۷	۲۱	۳/۵	۷	۱/۵	۹/۵	۲۸/۵	۵/۵	۳	۶/۵	۱۹/۵	۸۶	۷۵	۱۰
۷	۷	۲۱	۸/۵	۱۷	۲/۵	۸	۲۴	۷/۶	۸/۳	۴/۵	۱۳/۵	۹۳/۹	۶۷	۹
۸	۳/۵	۱۰/۵	۱/۵	۳	۳	۵/۵	۱۶/۵	۴/۵	۶/۳	۲	۶	۴۹/۸	۶۳/۵	۱۲
۹	۲	۶	۲	۴	۷/۵	۸/۵	۲۵/۵	۴	۳/۵	۵/۵	۱۶/۵	۶۷	۶۲/۴	۳
۱۰	۱۰	۳۰	۴/۵	۹	۴/۵	۱/۵	۴/۵	۱	۲	۸	۲۴	۷۵	۵۴/۵	۱۴
۱۱	۵	۱۵	۲/۵	۵	۱/۵	۲/۵	۷/۵	۲	۲/۵	۵	۱۵	۴۸/۵	۴۹/۸	۸
۱۲	۴/۵	۱۳/۵	۷/۵	۱۵	۶	۴/۵	۱۳/۵	۵	۱/۵	۳	۹	۶۳/۵	۴۸/۵	۱۱
۱۳	۱	۳	۱	۲	۴	۳/۵	۱۰/۵	۳	۱	۳	۹	۳۲/۵	۳۳/۵	۵
۱۴	۸	۲۴	۷	۱۴	۱/۵	۱	۳	۳/۵	۵/۵	۱	۳	۵۴/۵	۳۲/۵	۱۳

با توجه به امتیازها، واحدها به پنج طبقه تقسیم شدند (جدول ۶).

جدول(۶): کیفیت واحدهای همگن با توجه به شرایط درختان کاج تهران

ردیف	بازه امتیاز	واحد همگن	کیفیت
۱	۱۰۱/۱–۸۷/۳۸	۷–۱–۲	بسیار خوب
۲	۸۷/۳۸–۷۳/۶۶	۱۰–۶	خوب
۳	۷۳/۶۶–۵۹/۹۴	۳–۱۲–۹	متوسط
۴	۵۹/۹۴–۴۶/۲۲	۸–۱۱–۱۴	ضعیف
۵	۴۶/۲۲–۳۲/۵	۱۳–۵	بسیار ضعیف

جدول (۷)، مجموع امتیاز واحدهای همگن را در رابطه با درختان سرو نقره‌ای نشان می‌دهد.

جدول(۷): مجموع امتیاز واحدهای همگن در رابطه با درختان سرو نقره‌ای

میانگین امتیاز / واحد همگن	ارتفاع×۳		رویه‌زمینی×۲		تقارن تاج	شادابی×۳		قطر تاج	تاج‌پوشش	پوشش علفی×۳		مجموع امتیاز
۳	۵/۵	۱۶/۵	۶/۵	۱۳	۱	۱	۳	۶	۳/۵	۱	۳	۴۶
۴	۱/۵	۴/۵	۳	۶	۱	۱/۵	۴/۵	۲/۵	۴	۲	۶	۲۸/۵
۵	۱	۳	۱	۲	۱	۱/۵	۴/۵	۱	۲/۵	۱/۵	۴/۵	۱۸/۵
۶	۵	۱۵	۶	۱۲	۱	۱/۵	۴/۵	۵	۳	۳	۹	۴۹/۵
۹	۲	۶	۴	۸	۱	۱	۳	۲	۲	۲/۵	۷/۵	۲۹/۵
۱۰	۴	۱۲	۵	۱۰	۱	۱/۵	۴/۵	۳/۵	۱/۵	۳/۵	۱۰/۵	۴۳
۱۲	۳/۵	۱۰/۵	۲	۴	۱	۱/۵	۴/۵	۳	۱	۴	۱۲	۳۶

با توجه به امتیازها، واحدهای همگن به سه طبقه تقسیم شدند (جدول ۸).

جدول(۸): کیفیت واحدهای همگن با توجه به شرایط درختان سرو نقره‌ای

ردیف	بازه امتیاز	واحد همگن	کیفیت
۱	۴۹/۵-۳۹/۱	۱۰- ۳ - ۶	خوب
۲	۳۹/۱-۲۸/۸	۹ - ۱۲	متوسط
۳	۲۸/۸-۱۸/۵	۴ - ۵	ضعیف

جدول (۹)، مجموع امتیاز واحدهای همگن را در رابطه با درختان زربین نشان می‌دهد.

جدول(۹): مجموع امتیاز واحدهای همگن در رابطه با درختان زربین

میانگین امتیاز / واحد همگن	ارتفاع×۳		رویه‌زمینی×۲		تقارن تاج	شادابی×۳		قطر تاج	تاج‌پوشش	پوشش‌علفی×۳		مجموع امتیاز
۲	۴/۸	۱۴/۴	۳/۵	۷	۲/۵	۱	۳	۲	۳/۵	۳	۹	۴۱/۴
۳	۲	۶	۲	۴	۱	۱	۳	۳	۳	۳	۹	۲۹
۴	۱	۳	۲/۵	۵	۲	۱	۳	۴/۵	۲	۱/۵	۴/۵	۲۴
۵	۳/۵	۱۰/۵	۳	۶	۲/۵	۱	۳	۲/۵	۲/۵	۲	۶	۳۳
۹	۳	۹	۴	۸	۲	۱	۳	۴	۱/۵	۳	۹	۳۶/۵
۱۲	۴	۱۲	۵/۵	۱۱	۲/۵	۱	۳	۱/۵	۱	۲/۵	۷/۵	۳۸/۵
۱۳	۲/۵	۷/۵	۱	۲	۱/۵	۱	۳	۱	۱/۵	۱	۳	۱۹/۵

با توجه به امتیازها، واحدهای همگن به سه طبقه تقسیم شدند (جدول ۱۰) .

جدول (۱۰): کیفیت واحدهای همگن با توجه به شرایط درختان زربین

ردیف	بازه امتیاز	واحد همگن	کیفیت
۱	۴۱/۴-۳۷/۰۲	۲-۱۲	بسیار خوب
۲	۳۷/۰۲-۳۲/۶۴	۵-۹	خوب
۳	۳۲/۶۴-۲۸/۲۶	۳	متوسط
۴	۲۸/۲۶-۲۳/۸۸	۴	ضعیف
۵	۲۳/۸۸-۱۹/۵	۱۳	بسیار ضعیف

جدول(۱۱)، نشان‌دهنده تفاوت میان شادابی و تقارن تاج گونه‌های سوزنی برگ در سطح پارک می‌باشد.

جدول (۱۱): شادابی و تقارن تاج گونه‌های سوزنی برگ در سطح پارک

گونه	تقارن تاج	شادابی×۳		مجموع امتیاز	مجموع امتیاز از بیشتر به کمتر	
زربین	۲	۳	۹	۱۱	۱۱	زربین
سرو نقره‌ای	۳	۲	۶	۹	۹	سرو نقره‌ای
کاج تهران	۱	۱	۳	۴	۴	کاج تهران

جداول (۱۲ تا ۱۵)، نشان‌دهنده مقایسه سوزنی برگان در واحدهای همگن ۳، ۵، ۹ و ۱۲ که میان هر سه گونه مشترک است، می‌باشد.

جدول (۱۲): شادابی و تقارن تاج گونه‌های سوزنی برگ در واحد همگن ۳

گونه	تقارن تاج(۱)	شادابی (۳)		مجموع امتیاز	مجموع امتیاز از بیشتر به کمتر	
زربین	۱	۲/۵	۵۷	۸/۵	۸/۵	زربین
سرو نقره‌ای	۲	۱/۵	۴/۵	۶/۵	۶/۵	سرو نقره‌ای
کاج تهران	۱/۵	۱	۳	۴/۵	۴/۵	کاج تهران

جدول (۱۳): شادابی و تقارن تاج گونه‌های سوزنی برگ در واحد همگن ۵

گونه	تقارن تاج(۱)	شادابی (۳)		مجموع امتیاز	مجموع امتیاز از بیشتر به کمتر	
زربین	۱/۵	۱/۵	۴/۵	۶	۶	زربین
سرو نقره‌ای	۱/۵	۱/۵	۴/۵	۶	۶	سرو نقره‌ای
کاج تهران	۱	۱	۳	۴	۴	کاج تهران

جدول (۱۴): شادابی و تقارن تاج گونه‌های سوزنی برگ در واحد همگن ۹

گونه	تقارن تاج(۱)	شادابی (۳)		مجموع امتیاز		مجموع امتیاز از بیشتر به کمتر
زربین	۱/۵	۲/۵	۷/۵	۹	۹	زربین
سرو نقره‌ای	۲	۱/۵	۴/۵	۶/۵	۶/۵	سرو نقره‌ای
کاج تهران	۱	۱	۳	۴	۴	کاج تهران

جدول(۱۵): شادابی و تقارن تاج گونه‌های سوزنی برگ در واحد همگن ۱۲

گونه	تقارن تاج(۱)	شادابی (۳)		مجموع امتیاز		مجموع امتیاز از بیشتر به کمتر
زربین	۲	۲	۶	۸	۸	زربین
سرو نقره‌ای	۲	۲	۶	۸	۸	سرو نقره‌ای
کاج تهران	۱	۱	۳	۴	۴	کاج تهران

جهت بررسی اثر تفرج بر کوبیدگی خاک، نمونه‌های برداشت شده در سه طبقه تفرج متمرکز، نیمه متمرکز و گسترده، با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج مقایسه وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاک در دو عمق ۰- ۱۵ و ۱۵- ۳۰ در سه طبقه تفرج در جداول (۱۶ و ۱۷)، خلاصه شده است.

جدول(۱۶): نتایج آزمون من–ویتنی برای وزن مخصوص ظاهری خاک در دو عمق ۰- ۱۵ و ۱۵- ۳۰ cm

طبقه تفرج	متمرکز		نیمه متمرکز		گسترده		تعداد	میانگین	
	۱۵-۰	۳۰-۱۵	۱۵-۰	۳۰-۱۵	۱۵-۰	۳۰-۱۵		۱۵-۰	۳۰-۱۵
متمرکز	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۶۶۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۴۹	۲۳/۹۸	۲۳/۲۸
نیمه‌متمرکز	۰/۰۶۶۹	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۲۸	۲۶/۰۸	۲۷/۱۶
گسترده	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۶۰	۳۳/۳۶	۳۴/۸۴

جدول(۱۷): نتایج آزمون‌های آماری برای تخلخل خاک در دو عمق ۰- ۱۵ و ۱۵- ۳۰ cm

طبقه تفرج	متمرکز		نیمه متمرکز		گسترده		تعداد	میانگین	
	۱۵-۰	۳۰-۱۵	۱۵-۰	۳۰-۱۵	۱۵-۰	۳۰-۱۵		۱۵-۰	۳۰-۱۵
متمرکز	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۹۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۴۹	۲۳/۹۸	۲۳/۲۸
نیمه متمرکز	۰/۱۹۵	۰/۰۰۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۲۸	۲۶/۰۸	۲۷/۱۶
گسترده	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۶۰	۳۳/۳۶	۳۴/۸۴

- در عمق ۰- ۱۵ از آزمون جیمز- هاول جهت مقایسه نمونه‌ها استفاده شد.
- در عمق ۱۵- ۳۰ از آزمون من- ویتنی جهت مقایسه نمونه‌ها استفاده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به جدول (۶)، واحدهای ۱۰- ۶ – ۲ – ۷ – ۱ بهترین کیفیت را از لحاظ مشخصات درختان کاج تهران دارا می‌باشند. با توجه به مشخصات این واحدها ملاحظه می‌شود که از عمق خاک نیمه‌عمیق تا عمیق برخوردار می‌باشند. همچنین، با توجه به قرارگیری در نقاط مرتفع‌تر پارک از آبیاری موثرتری بهرمند

شده‌اند. به همین دلیل، با وجود متمرکز بودن تفرج در واحد ۱، ۲ و ۶، در مجموع آسیب کمتری به درختان وارد آمده است. در حقیقت، با توجه به نتایج (Hill and Pickering, 2009 ; مخدوم و خراسانی، ۱۳۶۳) که عوامل شیب، جهت، عمق خاک و شرایط آب و هوایی را در کاهش نشانزد ناشی از تفرج موثر دانسته‌اند، می‌توان نتیجه گرفت شیب مناسب و عمق کافی خاک عرصه را مستعد استقرار مراکز تفرج متمرکز می‌سازد. ولی با توجه به تغییر ساختار و افزایش تراکم خاک (جدول ۱۶ و ۱۷)، در نتیجه کاهش نفوذپذیری آب و همچنین ایجاد مانع جهت گسترش ریشه، عرصه نیازمند تامین آب بیشتر و اجرای عملیات نگهداری متناسب با این شرایط می‌باشد.

در حقیقت جدول (۱۶)، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان وزن مخصوص ظاهری در لایه سطحی خاک در طبقه تفرج متمرکز و گسترده و همچنین تفرج نیمه متمرکز و گسترده می‌باشد. این جدول، تفاوت میان طبقه متمرکز و نیمه متمرکز را معنی‌دار نشان نداده است. همچنین نشان دهنده اختلاف معنی‌دار میان وزن مخصوص ظاهری در عمق ۱۵- ۳۰ cm در طبقه تفرج متمرکز، نیمه متمرکز و گسترده می‌باشد. از مقایسه میان دو عمق شاید بتوان نتیجه گرفت: اثر لگدکوب شدن در عمق زیرین مشهودتر از لایه سطحی است. همچنین با توجه به نتایج جدول(۱۷)، لگدکوب شدگی خاک بر اثر تفرج، تخلخل و در نتیجه ساختار خاک را به طور معنی‌دار تغییر داده است.

واحدهای ۵، ۱۳ و ۱۴، به عنوان ضعیف‌ترین رویشگاه‌های کاج تهران شناخته شده است. با بررسی شرایط حاکم بر این واحدها می‌توان نتیجه‌گیری نمود شیب نسبتا تا کاملا زیاد و عمق کم خاک در همه موارد قابل مشاهده است که با وجود آبیاری مناسب شرایط ناپایداری را بر اکوسیستم تحمیل نموده است. در حقیقت، شیب زیاد خود از عواملی است که مانع از آبیاری کار آمد شده و راندمان جذب آب را پایین می‌آورد.

دو واحد همگن ۸ و ۱۱، با توجه به عمق خاک متوسط شرایط به نسبت ضعیف را نشان داده‌اند. ممکن است تفرج متمرکز تا نیمه‌متمرکز در این دو واحد و آثار آن بر کوبیدگی خاک و در نتیجه جذب کمتر آب از یک سو و صدمات مکانیکی وارده به درختان از سوی دیگر را بتوان دلیل این نتیجه دانست (Guyette & Stambaugh, 2004; Rusterholz et al., 2009; Hegetschweiler et al., 2009).

از سوی دیگر، شیب خاک در این واحدها بین ۵ تا ۱۵ درصد می‌باشد. این میزان شیب خود می‌تواند در کنار کوبیدگی خاک جذب آب را کاهش داده و منجر به ایجاد شرایط ناپایدار شود. در حقیقت، اثر متقابل شیب و تفرج در کنار ضعف خاک، اثر تشدید کننده بر ناپایداری اکوسیستم گذارده و نتایج این تحقیق را به نتایج (Hill and Pickering, 2009 ;مخدوم و خراسانی، ۱۳۶۳) نزدیک نموده است .

واحدهای ۳، ۹ و ۱۲، شرایط متوسط را نشان می‌دهند. تفرج متمرکز تا گسترده، خاک عمیق تا نیمه عمیق و آبیاری متوسط تا کم، بر آن‌ها حاکم می‌باشد. با توجه به شرایط مذکور، می‌توان نتیجه‌گیری نمود در رویشگاه‌های کاج تهران مجموعه‌ای از عوامل بر سلامتی و پایداری رویشگاه اثرگذار است که شیب و عمق خاک از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده می‌باشند. در حقیقت، همان‌گونه که مخدوم در مدل اکولوژیکی تفرج متمرکز (Makhdoum, 1986) بیان می‌کند، با کاهش عمق خاک و افزایش شیب و قرارگیری آن در آستانه بیشتر از ۱۵ درصد، در صورت اختصاص عرصه به کاربری تفرج متمرکز، رویشگاه به شدت به سوی ناپایدار شدن پیش خواهد رفت. تمرکز تفرج و کوبیدگی خاک، در کنار شیب به نسبت بالا منجر به کاهش راندمان آبیاری شده، نقش موثری در ناپایدار نمودن اکوسیستم ایفا می‌نماید. احتمالا به همین دلیل است که واحد همگن ۸ و ۱۱ با وجود عمق نسبتا مناسب خاک، مطلوبیت کمتر از متوسط را نشان داده‌اند. به طوری که ملاحظه می‌شود، واحد ۱۲ با عمق خاک یکسان ، شیب بیشتر از ۱۵ و تفرج گسترده شرایط بهتری از واحدهای ۸ و ۱۱ با تفرج نیمه متمرکز و متمرکز از خود نشان داده است.

در گونه سرو نقره‌ای، از میان هفت واحد همگن موجود، واحدهای ۶، ۳ و ۱۰ بهترین کیفیت را از لحاظ مشخصات درختان، پوشش علفی و تاج پوشش نشان می‌دهند. این واحدها، دارای شیب بین ۲ تا ۱۰، خاک عمیق و تفرج متمرکز می‌باشند. واحد ۴ و ۵ معرف شرایط ضعیف هستند. با بررسی مشخصات این دو واحد ملاحظه می‌شود، واحد ۴ دارای شیب ۱۵ تا ۳۰ درجه و آبیاری کم است. شیب بالا در این واحد راندمان جذب آب را کاهش داده و حتی با وجود تفرج گسترده رویشگاه از شرایط مطلوب برخوردار نمی‌باشد. علاوه بر آن، بازدید از عرصه نشان‌دهنده شیارهای ناشی از فرسایش و فرسوده شدن جوی

کناری درختان در این شیب می‌باشد که خود تشدیدکننده کاهش جذب آب است.

گونه زربین در واحد ۲ و ۹ شرایط بسیار خوب و در واحد ۱۲ شرایط خوب را از میان هفت واحد موجود نشان داده است. همچنین، واحد ۱۳ شرایط بسیار ضعیف را دارا می‌باشد.

نتایج حاکی از آن است که تمام گونه‌های سوزنی برگ پارک بر اثر عوامل رویشگاهی عمق خاک، شیب و تفرج در یک راستا عکس‌العمل نشان می‌دهند. ولی با توجه به مقایسه میان گونه‌ها (جدول‌های ۱۱ تا ۱۵)، مشاهده شد گونه زربین بهترین شادابی را در رویشگاه مشابه، از خود نشان داده است. پس از آن سرو نقره‌ای شادابی برتری نسبت به کاج تهران دارا بوده‌است.

در هر کنش و واکنشی با محیط، سه سطح آسیب وجود دارد که عبارت از آسودگی، آشفتگی و تخریب یافتگی می‌باشند. از آن جایی که پارک جنگلی دست کاشت یک اکوسیستم پرورش یافته می‌باشد، در تعیین آستانه‌های تخریب باید به ماده و انرژی وارد شده به آن توجه نمود (Makhdoum, 1986). با توجه به نتایج این مطالعه، بهتر است مکان‌یابی جهت احداث پارک‌های جنگلی با توجه به هدف پایداری اکوسیستم در بلند مدت و کاهش هزینه‌های نگهداری از جمله واکاری درختان ناموفق، در درجه اول عمق خاک و شیب زمین مد نظر قرار گیرد. در عین حال جهت زون‌بندی تفرجی و احداث ابنیه، تمرکز تفرج در شیب بالای ۵ یا حداکثر ۱۰ درصد قرار نگرفته و یا در صورت اجتناب ناپذیر بودن آن، از روش‌های نگهداری با راندمان موثر آبیاری (نصب سیستم قطره‌ای و ترمیم تشتک و جوی کناری) و اصلاح کوبیدگی خاک (عملیات سیخک زنی) استفاده شود. قابل توجه است که جهت انتخاب گونه، به خصوص در شرایط نامساعد بستر، بهتر است از گونه‌های مقاوم بومی مانند زربین به جای کاج تهران استفاده شود. در حقیقت همان‌طور که Makhdoum در سال 1986 بیان کرده است، در یک اکوسیستم پرورش یافته، در تعیین آستانه‌های تخریب، نقش ماده و انرژی وارد شده توسط انسان (در اینجا هزینه عملیات نگهداری) باید مدنظر قرار گیرد (Makhdoum, 1986).

فهرست منابع

طرح جامع توسعه و بهسازی پارک جنگلی سرخه حصار. ۱۳۸۵. گروه معماری و شهرسازی طرح محیط پایدار، شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری. چاپ نشده، شهرداری تهران.

مخدوم، م. و خراسانی، ن. ۱۳۶۳. مقایسه اثرات زیست محیطی برداشت چوب و تفرج در اکوسیستمهای رسیده شمال ایران. گزارش نهایی طرح، جهاد دانشگاهی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

مخدوم، م. ۱۳۸۰. شالوده آمایش سرزمین (چاپ چهارم). انتشارات دانشگاه تهران. ۲۸۹ ص.

مروی مهاجر، م. ۱۳۸۴. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل (چاپ دوم). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۸۷ ص.

میلر، ج. ت.۱۳۷۴. زیستن در محیط زیست (ترجمه مجید مخدوم). انتشارات دانشگاه تهران. شماره ۱۹۰۹. ۳۵۱ ص.

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

Aiba, S.; Takyu, M.& Kitayama, K. 2005. Dynamics, productivity and species richness of tropicalrainforests along elevational and edaphic gradients on Mount Kinabalu, Borneo. Ecol. Res 20, 279–286.

Amerein, D.; Rusterholz, H.P. & Baur, B. 2005. Disturbance af suburban fagus forests by recreational activities: Effects on soil characteristics, above ground vegetation and seed bank, Applied Vegetation Science. 8(2): 175 – 182.

Bale, C.L.; Williams, J.B. & Charley, J.L. 1998. The impact of aspect on forest structure and floristics in some Eastern Australian sites. Department of Botany, University of New England, Armidale, Australia. N.S.W. 2351.

Brundtland. 1987. Our Common Future. Oxford University Press, New York.

Clark, J.R.; Matheny, N.P.; Cross, G. & V. Wake. 1997. A model of urban forest sustainability. Journal of Arboriculture 23:17-30.

Durrant, D. & Boswell, R. 2002. Comparison of crown density assessments on trees within the stand and on ride edges within the forest. Forest Ecology and Management 157, 1-6.

Dwyer, J. F.; Nowak, D. J. & Noble, M. H. 2003. Sustaining urban forests. Journal of Arboriculture 29(1), 49-55.

Forest Health Highlights Vermont. 2002. Vermont Department of Forests, Parks and Recreation.

Gray, A.N. & Azuma, D.L. 2005. Repeatability and implementation of a forest vegetation indicator. Ecological. Indicators 5: 57−71.

Guyette, R.P. & Stambaugh, M.C. 2004. Post-oak scare as a function of diameter, growth, and tree age, Forest Ecology and Management, 198(3): 131 – 140.

Hammitt, W. & Cole. D. 1998. Wildland Recreation: Ecology and Management. New York: John Wiley & Sons.

Hegetschweiler, K.T.; Loon, N.V.; Ryser, A.; Rusterholz, H.P. & Bruno, B. 2009. Effects of fireplace use on forest vegetation and amount of woody debris in suburban forests in northwestern Switzerland, Environmental Engineerng, 43(2): 299-310.

Hill, W. & Pickering, C. M. 2009. Evaluation of Impacts and Methods for the Assessment Of Walking Tracks in Protected Areas. Sustainable Tourism Cooperative Research Centre. Griffith University, Gold Coast.

Kuss, F.; Graefe, A. & Vaske, J. 1990. Visitor Impact Management: A Review of Research. Washington, DC: National Parks and Conservation Association.

Leung, Y. F., & Marion, J.L. 2000. Recreation impacts and management in wilderness. USDA Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, UT, pp. 23–48.

Makhdoum, M. F. 1986, Envirnmental Impact and Carrying Capacity of O. R. V. J. Aust. Ecol.

Oliver, I. 2004. A framework and toolkit for scoring the biodiversity value of habitat, and the biodiversity benefits of land use change. Ecological Management and Restoration 5: 75−77.

Pickering, C. M.; Hill, W.; Newsome, D. & Leung, Y.F. 2009. Comparing hiking, mountain biking and horse riding impacts on vegetation and soils in Australia and the United States of America. Journal of Environmental Management 91. 2010. 551–562.

Rusterholz., H.P.; Kissling, M. & Baur, B. 2009. Disturbance by human trampling alter the performance. Seual reproduction and genetic diversity in a clonal woodland herb, Persepectives in plant ecology, Evolution and Systemayics, 8(2): 109 – 116.

Sheil, D.; Nasi, R. & Johnson, B. 2004. Ecological criteria and indicators for tropical forest landscapes: challenges in the search for progress. Ecology and Society 9.

Somanathan, E.; Prabhakar, R. & Bhupendra S. M. 2005. Does Decentralization Work? Forest Conservation in the Himalayas BREAD Working Paper No. 096, June 2005, p: 40

Ward, J.; Hughey, K. & Ulrich, S. 2002. A framework for managing the biophysical effects of tourism on the natural environment in New Zealand. Journal of Sustainable Tourism 10: 239−259.

Wheal, M. 2006. A new tree health index for floodplain eucalypts and its potential for identification of tree decline and recovery following artificial flooding, a report prepared for the Mallee Catchment Management Authority. Report No. 1.