

## ارزیابی نمونه‌برداری با قطعه نمونه و خط نمونه در برآورد صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده جنگل (مطالعه موردی جنگل ناو اسالم)

فرزام توانکار<sup>۱\*</sup>، مهرداد نیکوی<sup>۲</sup> و امیراسلام بنیاد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه جنگلداری، واحد خلخال، دانشگاه آزاد اسلامی، خلخال  
<sup>۲</sup> دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا  
<sup>۳</sup> استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۳)

### چکیده

جنگلداری تک‌گزینی به‌منظور مدیریت اکولوژیک و پایدار نیاز به برآورد دقیقی از صدمات بهره‌برداری بر توده باقی‌مانده دارد. در این تحقیق دقت و زمان لازم در برآورد فراوانی درختان صدمه‌دیده در اثر بهره‌برداری از طریق نمونه‌برداری قطعه نمونه و خط نمونه در یک واحد بهره‌برداری به وسعت ۳۰ هکتار در جنگل ناو اسالم بررسی شد. در هر نمونه‌برداری با شدت نمونه‌برداری یکسان، پنج اندازه نمونه (تعداد قطعه نمونه و خط نمونه) با ابعاد شبکه آماربرداری متفاوت با طرح منظم تصادفی انجام گرفت. نتایج نشان داد که در هر نمونه‌برداری اندازه نمونه تأثیر معنی‌داری در برآورد صدمات دارد ( $p < 0.01$ ). تعداد ۳۰ قطعه نمونه ۱۰ آری در نمونه‌برداری قطعه نمونه و تعداد ۵۰ خط نمونه ۶۰ متری در نمونه‌برداری خطی کمترین تفاوت را با مقدار واقعی صدمات (آماربرداری صددرصد) داشتند ( $p > 0.05$ ). ابعاد مناسب شبکه آماربرداری نیز در قطعه نمونه ۱۰۰ در ۱۰۰ متر با سطوح ۱۰ آری و در خط نمونه ۷۷/۵ در ۷۷/۵ متر با طول‌های ۶۰ متری تعیین شد. زمان لازم برای نمونه‌برداری با اندازه نمونه یکسان در خط نمونه حدود ۹۰ درصد کمتر از قطعه نمونه بود. این نتایج نشان می‌دهد که می‌توان از نمونه‌برداری خطی برای برآورد دقیق و سریع از مقدار صدمات واردآمده بر درختان باقی‌مانده در اثر قطع تک‌گزینی و چوبکشی زمینی استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تک‌گزینی، چوبکشی زمینی، خط نمونه، درختان صدمه‌دیده، منظم تصادفی.

### مقدمه

مخاطره بیندازد (Majnounian et al., 2009a; SIST et al., 2003; Tavankar et al., 2015a). دلایل نیاز به ارزیابی صدمات بهره‌برداری بر توده باقی‌مانده را می‌توان در سه موضوع زیر برشمرد (Nikooy et al., 2010; Tavankar et al., 2015b):  
۱. ارزیابی زیست‌محیطی سیستم‌ها و فنون مختلف بهره‌برداری جنگل؛  
۲. ارزیابی پیمانکاران بهره‌برداری

یکی از چالش‌های مهم در اجرای جنگلداری تک‌گزینی صدمات واردآمده بر توده باقی‌مانده طی عملیات بهره‌برداری است. صدمات و خسارات واردآمده بر توده باقی‌مانده و خاک در اثر قطع درختان و چوبکشی، ممکن است توان تولیدی جنگل‌ها را کاهش دهد و پایداری آنها را به

گرفتند و صدمات را ۶۲ اصله در هکتار با مجموع اندازه زخم ۲/۹۶ متر مربع در هکتار گزارش کردند. Pinard et al. (1996) در جنگل‌های مالزی، قطعه نمونه‌های ۴۰ در ۴۰ متری و ۲۰ در ۸۰ متری را برای ارزیابی صدمات خروج چوب با اسکیدر به کار گرفتند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ۴۱ درصد از درختان باقی‌مانده در روش بهره‌برداری معمول و ۱۵ درصد در روش بهره‌برداری کم‌فشار صدمه دیدند. Ficklin et al. (1997) صدمات واردآمده بر درختان در اثر قطع تک‌گزینی و چوبکشی زمینی در جنگل‌های پهن‌برگ آمریکا را به روش قطعه نمونه‌های منظم تصادفی با مساحت هر قطعه نمونه برابر ۱/۸ هکتار بررسی کرده و گزارش کردند که در سیستم بهره‌برداری سنتی (حمل با قاطر) ۷ درصد از درختان باقی‌مانده صدمه دیدند؛ درحالی که در سیستم بهره‌برداری با اسکیدر ۲۲ درصد از درختان باقی‌مانده صدمه دیدند. Clatterbuck (2006) صدمات واردآمده بر درختان در اثر قطع تک‌گزینی و چوبکشی زمینی در جنگل‌های پهن‌برگ آمریکا را به روش قطعه نمونه‌های تصادفی با مساحت هر پلات برابر ۱/۶ هکتار بررسی و گزارش کرد که بیش از ۷۶ درصد از درختان باقی‌مانده صدمه دیدند و ۴۵ درصد از زخم‌های ایجادشده در تنه درختان شدید بود. Modig et al. (2012) برای برآورد صدمات بهره‌برداری به روش چوبکشی زمینی در جنگل‌های سوزنی‌برگ سوئد از قطعه نمونه‌های دایره‌ای با مساحت ۱۰۱۸ متر مربعی بهره گرفتند و گزارش کردند که ۴/۵ درصد از درختان باقی‌مانده صدمه دیدند و در ۸۰ درصد از درختان صدمه‌دیده، قطر برابرسینه کمتر از ۱۵ سانتی‌متر بود. Picchio et al. (2012) صدمات بهره‌برداری بر درختان در جنگل‌های ایتالیا را از طریق قطعه نمونه‌های ۴۰ در ۹۰ متر مربعی بررسی کردند و نشان دادند که با بهبود عملیات جمع‌آوری (وینچینگ) صدمات درختان باقی‌مانده از ۵۰ درصد به ۳۶ درصد

جنگل در مقدار رعایت موارد زیست‌محیطی؛ ۳. توسعه راهکارهای کاهش صدمات بهره‌برداری بر توده باقی‌مانده. برآورد صدمات واردآمده بر درختان سرپا در مناطق بهره‌برداری‌شده با دو روش کلی ۱. عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و ۲. پیمایش زمینی انجام می‌گیرد. روش اول بیشتر برای صدمات تاج درختان و اندازه حفره‌های ایجادشده در تاج پوشش جنگل استفاده می‌شود. برای ارزیابی محل، شدت و اندازه زخم‌ها در گونه‌های مختلف درختان، به استفاده از روش دوم نیاز است.

از آنجا که برآورد دقیق صدمات بهره‌برداری بر توده باقی‌مانده به روش آماربرداری صددرصد نیازمند صرف زمان و هزینه زیادی است، روش‌های مختلف نمونه‌برداری با توجه به اهداف متفاوت مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. Reisinger & Pope (1991) از قطعه نمونه‌های دایره‌ای ۸ آری بر روی ترانسکت‌های با فواصل منظم ۱۰۰ متر از یکدیگر و با فاصله ۸۰ متری قطعه نمونه‌ها از یکدیگر بر روی ترانسکت‌ها، صدمات بهره‌برداری بر درختان را در جنگل‌های پهن‌برگ آمریکا بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ۶/۴ اصله از درختان باقی‌مانده در هر هکتار در اثر بهره‌برداری صدمه دیدند که ۲۹ درصد آنها در اثر قطع درختان و ۷۱ درصد آنها در اثر چوبکشی ایجاد شده بود. Bettinger & Kellogg (1993) از قطعه نمونه‌های تصادفی با مساحت ۴۰۰۰ متر مربعی برای برآورد صدمات بهره‌برداری در جنگل‌های آمریکا استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ۳۹/۸ درصد از درختان باقی‌مانده صدمه دیدند و تنها در ۱/۸ درصد آنها با زخم با شدت شدید (اندازه زخم بزرگ‌تر از ۶۴۵ سانتی‌متر مربع) به‌وقوع پیوست. Lanford & Stokes (1995) از قطعه نمونه‌های تصادفی با مساحت ۱۰۰ متر مربعی برای برآورد صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در اثر روشن کردن جنگل‌های ۱۸ ساله کاج تدا در آمریکا بهره

(2013) Tavankar et al. در بررسی صدمات وارد بر درختان باقی مانده در جنگل اسالم از طریق قطعه نمونه‌های ۱۰ آری با طرح نمونه‌برداری منظم تصادفی و ابعاد شبکه ۱۰۰ در ۱۰۰ متر، فراوانی درختان زخمی شده و نابود شده را به ترتیب ۱۴/۹ و ۶/۶ درصد گزارش کردند. (2009a) Majnounian et. al. صدمات وارد بر درختان در اثر حمل سنتی در جنگل رویان را از طریق ۱۱ خط نمونه با طول‌های متفاوت و با فواصل منظم ۱۰۰ متر از یکدیگر بررسی کرده و فراوانی صدمات را ۳۱/۹ درصد گزارش کردند. مرور منابع نشان می‌دهد که در برآورد صدمات بهره‌برداری در درختان باقی مانده از روش‌های مختلف نمونه‌برداری استفاده شده است. در این مطالعات شکل و اندازه قطعه نمونه متفاوت است، اما نمونه‌برداری با قطعه نمونه بیشتر از سایر نمونه‌برداری‌ها استفاده شده است. در این زمینه، Han & Kellogg (2000) روش‌های مختلف نمونه‌برداری در برآورد صدمات وارد بر درختان باقی مانده در جنگل را مقایسه و مناسب‌ترین را طرح منظم تصادفی عنوان کردند. تاکنون در مطالعات ارزیابی صدمات بهره‌برداری نمونه‌برداری با خط نمونه کمتر استفاده شده است. با توجه به اهمیت درختان باقی مانده پس از بهره‌برداری و جایگاه انکارناپذیر ارزیابی اجرای بهره‌برداری بر جنگل، مطالعه روش‌های مختلف ارزیابی صدمات وارد بر درختان باقی مانده پس از بهره‌برداری جنگل ضروری است. هدف از این تحقیق بررسی دقت و زمان لازم در نمونه‌برداری با قطعه نمونه و خط نمونه به منظور برآورد فراوانی درختان صدمه دیده در اثر قطع تک‌گزینی و چوبکشی زمینی با اسکیدر در جنگل ناو اسالم است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه پژوهش

این تحقیق در پارسل شماره ۳۹ سری ۲ جنگل ناو اسالم در حوضه آبخیز شماره ۷ در استان گیلان

کاهش یافت. (2003) Sist et al. در جنگل‌های اندونزی از قطعه نمونه‌های ۱۰۰ در ۱۰۰ متری با انتخاب تصادفی در مناطق بهره‌برداری شده، صدمات وارد بر درختان باقی مانده را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که فراوانی صدمات درختان باقی مانده در روش بهره‌برداری معمول ۲۵ درصد بود، اما در روش بهره‌برداری کم فشار ۹/۵ درصد بود.

در جنگل‌های شمال ایران نیز روش‌های مختلف نمونه‌برداری به منظور برآورد صدمات بهره‌برداری در درختان باقی مانده در جنگل به کار گرفته شده است. (2006) Ghaffaryan et al. صدمات وارد بر درختان در اثر بهره‌برداری سنتی (حمل با قاطر) در جنگل خیرود را با آماربرداری صددرصد از مناطق خروج چوب بررسی کرده و گزارش کردند که ۲۷ درصد نهال‌ها صدمه دیدند و ۳۱ درصد نیز نابود شدند. (2008) Naghdi et al. در جنگل‌های سیاهکل و (2013) Mostafanezhad et. al. در جنگل‌های ساری، صدمات قطع و چوبکشی زمینی در درختان را با آماربرداری صددرصد از حفره‌های قطع و مناطق چوبکشی بررسی کردند. نتایج هر دو تحقیق نشان داد که فراوانی صدمات در مناطق چوبکشی بیشتر از حفره‌های قطع است. (2012) Jourgholami در جنگل خیرود با آماربرداری صددرصد از مناطق چوبکشی صدمات را ارزیابی کرد و فراوانی صدمات وارد بر درختان باقی مانده را ۲/۳ درصد در روش گرده‌بینة کوتاه و ۴/۱ درصد در روش گرده‌بینة بلند گزارش کرد. (2009b) Majnounian et. al. با استفاده از شبکه ۵۰ در ۵۰ متری و قطعه نمونه‌های ۵ آری صدمات بهره‌برداری در درختان را در جنگل خیرود ۷ درصد گزارش کردند. (2010) Nikooy et al. در جنگل شفارود صدمات وارد بر درختان در اثر قطع تک‌گزینی و چوبکشی زمینی را از طریق قطعه نمونه‌های ۱۰ آری دایره‌ای بر روی ترانسکت‌هایی با فواصل ۲۰۰ متر از یکدیگر و فاصله ۱۵۰ متری قطعه نمونه‌ها از یکدیگر، ۱۹/۷ درصد گزارش کردند.

### شیوه اجرای پژوهش

نمونه‌برداری‌های قطعه نمونه<sup>۱</sup> و خط نمونه<sup>۲</sup> از نظر دقت و زمان برآورد صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در جنگل بررسی شد. با توجه به اینکه در شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی، درختان قطع شده در کل پارسل پراکنده‌اند، در هر دو حالت از طرح نمونه‌برداری منظم تصادفی استفاده شد. برای این منظور پس از پایان عملیات بهره‌برداری، ابتدا با آماربرداری صددرصد از درختان باقی‌مانده در جنگل، نسبت درختان صدمه‌دیده به کل درختان (۱۲/۶ درصد) به دست آمد. در آماربرداری صددرصد وضعیت کلیه درختان (سالم و صدمه‌دیده) در نوارهایی به عرض ۲۰ متر با طول‌های متفاوت در امتداد خطوط تراز برداشت شد، به طوری که برداشت نوارها از قسمت مرتفع پارسل (بالای شیب زمین) شروع شد و تا قسمت کم‌ارتفاع پارسل (پایین شیب زمین) ادامه یافت؛ کلیه درختان صدمه‌دیده با رنگ آبی بر روی تنه آنها مشخص شدند. در مرحله بعد نمونه‌برداری‌ها به شرح زیر انجام گرفت. هر نمونه‌برداری را دو نفر انجام دادند و زمان کل نمونه‌برداری به دقیقه ثبت شد.

### نمونه‌برداری با قطعه نمونه (PS)

در این نمونه‌برداری ابتدا تعداد قطعه نمونه‌های مورد نیاز ( $n_p$ ) برای سطوح مختلف قطعه نمونه (شامل: ۵، ۶، ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ آری) از طریق روابط ۱ و ۲ (Han & Kellogg, 2000) محاسبه شد. سطوح قطعه نمونه‌ها طوری انتخاب شد که علاوه بر ثابت بودن شدت آماربرداری (۱۰ درصد کل منطقه) در کلیه نمونه‌برداری‌های با قطعه نمونه، از سایر سطوحی که در تحقیقات قبلی انجام گرفته در جنگل‌های شمال ایران نیز استفاده شود.

انجام گرفت. این سری بین "۳۶' ۴۴' ۴۸" تا "۵۸' ۴۹' ۴۸" طول شرقی و "۲۳' ۲۷' ۳۷" تا "۳۱' ۴۲' ۳۷" عرض شمالی واقع است. اقلیم منطقه بر اساس ضریب رطوبت دومارتن در گروه مرطوب قرار دارد. مقدار بارش سالیانه ۹۲۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه در حدود ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد است. مساحت کل پارسل ۴۲ هکتار است که ۳۰ هکتار آن قابل بهره‌برداری و ۱۲ هکتار آن حمایتی است. ارتفاع از سطح دریا در این پارسل از ۸۵۰ تا ۱۱۰۰ متر و جهت عمومی شیب زمین شمال و شمال غربی است. نوع سنگ مادر سیلیس، تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی با بافت لیمون شنی و pH اسیدی بین ۵/۵ تا ۶/۴ است. از نظر توپوگرافی منطقه‌ای است ناهموار و شیب زمین در بیشتر آن بین ۳۰ تا ۷۵ درصد است. تیپ غالب جنگل راشستان (*Fagus orientalis* Lipsky) همراه با ممرز (*Carpinus betulus* L.) و ساختار توده ناهمسال است. سایر گونه‌های درختی به ترتیب بیشترین فراوانی عبارت‌اند از توسکا (*Alnus subcordata* C.A.M.)، پلت (*Acer Boiss.*)، شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.) و نم‌دار (*Tilia begonifolia* Stev.). تراکم و حجم درختان در این پارسل به ترتیب ۳۰۵ اصله و ۲۶۴ متر مکعب در هکتار است. این پارسل به شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی مدیریت می‌شود و در زمستان ۱۳۸۶ بهره‌برداری از آن صورت گرفت. تعداد و حجم کل درختان قطع شده و خارج شده از این پارسل به ترتیب ۲۵۹ اصله و ۷۵۶ متر مکعب بود. قطع و تبدیل درختان نشانه‌گذاری شده به وسیله دستگاه اره موتوری مدل STIHL و خروج تنه‌ها و گرده‌بینه‌ها (۵/۲ و ۷/۸ متری) با ماشین چوبکشی چرخ لاستیکی مدل Timberjack 450-C انجام گرفت.

<sup>1</sup>Plot sampling

<sup>2</sup>Line sampling

نمونه‌برداری‌های اولیه مشخص شد که برای این مقدار نمونه (اصله درخت) خط نمونه به طول کل ۳۰۰۰ متر لازم است. مقدار طول کل خط نمونه به‌دست‌آمده به پنج حالت با خط نمونه‌ها و ابعاد شبکه متفاوت نمونه‌برداری شد (جدول ۱). محل برخورد خطوط شبکه آماربرداری به‌عنوان محل شروع خط نمونه‌ها در نظر گرفته شد. آزمون حرکت خط نمونه‌ها در  $LS_1$  و  $LS_2$  از چهار زاویه ۴۵، ۱۳۵، ۲۲۵ و ۳۱۵ درجه، و در  $LS_3$ ،  $LS_4$  و  $LS_5$  از ۸ زاویه ۴۵ درجه به‌صورت تصادفی انتخاب شد (شکل ۱). درختانی شامل نمونه شده و بررسی شدند که تصویر قائم تاج یا تنه آنها با خط نمونه برخورد می‌کرد. در هر پنج نمونه‌برداری خطی طول کل خط نمونه ثابت و برابر ۳۰۰۰ متر بود.

### روش تحلیل

نسبت تعداد درختان صدمه‌دیده به تعداد کل درختان در هر قطعه نمونه و در هر خط نمونه محاسبه شد و سپس میانگین صدمات در هر نمونه‌برداری به‌دست آمد. برای مقایسه میانگین به‌دست‌آمده از هر نمونه‌برداری با نسبت واقعی صدمات (آماربرداری صددرصد) از آزمون  $t$  تک‌نمونه‌ای استفاده شد. برای بررسی تأثیر ابعاد شبکه آماربرداری (پنج حالت قطعه نمونه و پنج حالت خط نمونه) بر میانگین صدمات ( $H_0: \bar{P}_1 = \bar{P}_2 = \bar{P}_3 = \bar{P}_4 = \bar{P}_5$ ) از آزمون تجزیه واریانس (ANOVA) و در صورت رد فرض صفر برای مقایسه میانگین‌ها با یکدیگر از آزمون دانکن<sup>۱</sup> استفاده شد. قبل از اجرای آزمون‌های فوق، فرض توزیع نرمال داده‌ها و برابری واریانس‌ها به‌ترتیب با آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف<sup>۲</sup> و لون<sup>۳</sup> تأیید شد (جدول ۲). تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام گرفت. درصد اشتباه آماربرداری (دقت) در هر حالت

$$n_0 = \frac{N \cdot p(1-p)}{(N-1) \left( \frac{E^2}{z^2} \right) + p(1-p)}$$

رابطه ۱

$$n_p = \frac{n_0}{D \cdot p \cdot s}$$

رابطه ۲

در روابط ۱ و ۲،  $n_0$  تعداد درخت زخمی مورد نظر در نمونه،  $N$  تعداد کل درختان در پارسل،  $p$  نسبت تعداد درختان زخمی به تعداد کل درختان (در صورتی که این نسبت در دسترس نباشد می‌توان آن را ۰/۵ در نظر گرفت)،  $E$  حدود اعتماد که در این تحقیق ۱۰ درصد ( $E=0/1$ ) در نظر گرفته شد،  $z$  حد بالای  $\alpha/2$  در توزیع نرمال که برابر است با ۱/۹۶ در  $\alpha=0/05$ ،  $D$  تعداد در هکتار درختان و  $S$  سطح هر قطعه نمونه به هکتار است.

با توجه به تعداد قطعه نمونه مورد نیاز ابعاد شبکه نمونه‌برداری محاسبه شد (جدول ۱). محل برخورد خطوط شبکه نمونه‌برداری به‌عنوان مرکز قطعه نمونه‌ها در نظر گرفته شد. در تمام پنج سطح قطعه نمونه، شدت نمونه‌برداری یکسان و برابر ۱۰ درصد سطح کل منطقه بهره‌برداری است.

### نمونه‌برداری با خط نمونه (LS)

در این نمونه‌برداری ابتدا تعداد درختان مورد نیاز ( $N$ ) از رابطه ۳ به‌دست آمد (Han & Kellogg, 2000).

$$N = \frac{t^2(1-p)}{p \cdot E^2}$$

رابطه ۳

در رابطه ۳،  $N$  تعداد درختان مورد نیاز است؛ مقدار  $t$  از جدول  $t$  به‌دست می‌آید که برابر است با ۱/۹۶ در  $\alpha=0/05$ ،  $P$  نسبت درختان صدمه‌دیده به کل درختان در جنگل و  $E$  اشتباه آماربرداری به درصد است ( $E=0/1$ ). تعداد درختان مورد نیاز با دقت مورد نظر در این تحقیق ۲۶۶۵ اصله به‌دست آمد. با

<sup>1</sup> Duncan

<sup>2</sup> Kolmogorov-Smirnov

<sup>3</sup> Levene

نمونه‌برداری (دقیقه) است. هر نمونه‌برداری که مقدار UT کمترین باشد آن روش بهتر است. تفاوت فراوانی صدمات به‌دست‌آمده از نمونه‌برداری و فراوانی واقعی صدمات (آماربرداری صددرصد) مقدار اریب در نظر گرفته شد و از رابطه ۶ به‌دست آمد (Han & Kellogg, 2000).

$$B_i = FS_i - FI_{100\%} \quad \text{رابطه ۶}$$

که  $B_i$  مقدار اریب در نمونه‌برداری  $i$ ،  $FS_i$  فراوانی صدمات در نمونه‌برداری  $i$  و  $FI_{100\%}$  فراوانی واقعی صدمات است که از طریق آماربرداری صددرصد به‌دست آمد.

نمونه‌برداری از طریق رابطه ۴ محاسبه شد و به‌منظور ارزیابی حالت‌های مختلف نمونه‌برداری از معیار دقت-زمان از طریق رابطه ۵ استفاده شد (Han & Kellogg, 2000).

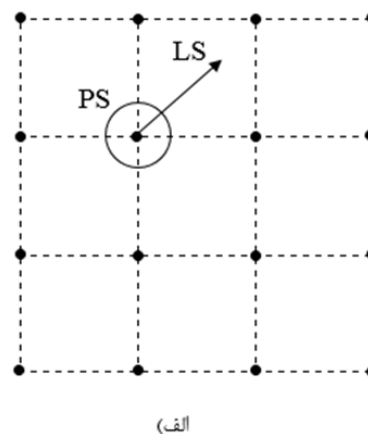
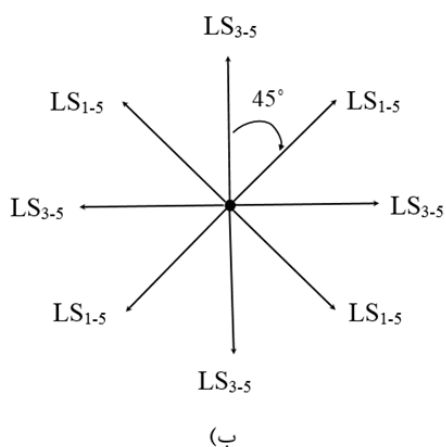
$$E\% = \left( \frac{t \cdot s_{\bar{p}}}{\bar{p}} \right) 100 \quad \text{رابطه ۴}$$

$$UT = \%E^2 \times T \quad \text{رابطه ۵}$$

در رابطه‌های ۴ و ۵،  $E$  اشتباه آماربرداری، مقدار  $t$  از جدول  $t$  با احتمال  $\alpha=0/05$  و درجه آزادی مشخص  $(df=n-1)$   $s_{\bar{p}}$  اشتباه معیار میانگین نسبت به‌دست‌آمده،  $\bar{p}$  میانگین نسبت به‌دست‌آمده،  $UT$  ارجحیت (Utility) و  $T$  مدت زمان لازم برای

جدول ۱- مشخصات نمونه‌برداری‌های قطعه نمونه (PS) و خط نمونه (LS)

ابعاد شبکه (متر)	طول هر خط نمونه (متر)	سطح هر قطعه نمونه (آر)	تعداد نمونه	نمونه‌برداری
۱۲۲/۵ × ۱۲۲/۵	۱۵۰	۱۵	۲۰	LS <sub>1</sub> و PS <sub>1</sub>
۱۰۰ × ۱۰۰	۱۰۰	۱۰	۳۰	LS <sub>2</sub> و PS <sub>2</sub>
۸۷ × ۸۷	۷۵	۷/۵	۴۰	LS <sub>3</sub> و PS <sub>3</sub>
۷۷/۵ × ۷۷/۵	۶۰	۶	۵۰	LS <sub>4</sub> و PS <sub>4</sub>
۷۰/۷ × ۷۰/۷	۵۰	۵	۶۰	LS <sub>5</sub> و PS <sub>5</sub>



شکل ۱- طرح منظم تصادفی و موقعیت قطعه نمونه و خط نمونه (الف) و آزمون تصادفی خط نمونه‌ها (ب)

## نتایج

انجام گرفته در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که داده‌ها در کلیه نمونه‌برداری‌های قطعه نمونه و خط نمونه دارای توزیع نرمال است (جدول ۲).

نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای آزمون فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها در نمونه‌برداری‌های

جدول ۲- نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای آزمون فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها در نمونه‌برداری

<i>p</i> -value	خط نمونه	<i>p</i> -value	قطعه نمونه
۰/۹۱۵	LS <sub>1</sub>	۰/۵۱۳	PS <sub>1</sub>
۰/۴۸۸	LS <sub>2</sub>	۰/۴۴۰	PS <sub>2</sub>
۰/۶۵۷	LS <sub>3</sub>	۰/۹۶۲	PS <sub>3</sub>
۰/۵۰۲	LS <sub>4</sub>	۰/۲۲۳	PS <sub>4</sub>
۰/۱۰۴	LS <sub>5</sub>	۰/۲۰۱	PS <sub>5</sub>

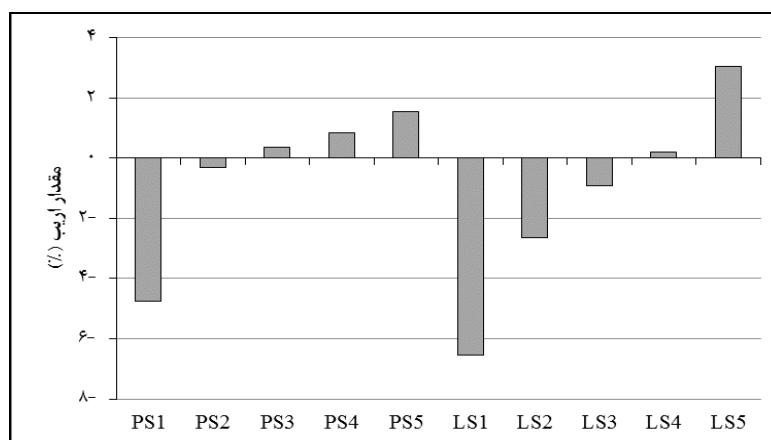
نمونه‌برداری با خط نمونه با ابعاد شبکه ۱۲۲/۵ × ۱۲۲/۵ متر و طول خط نمونه‌های ۱۵۰ متر (LS<sub>1</sub>) ۶/۰۶ درصد به‌دست آمد که از لحاظ آماری کمتر از میانگین واقعی صدمات بود ( $P > 0/01$ ). همچنین میانگین صدمات در نمونه‌برداری با خط نمونه با ابعاد شبکه ۷۰/۷ × ۷۰/۷ متر و طول خط نمونه‌های ۵۰ متر (LS<sub>5</sub>) ۱۵/۶۵ درصد به‌دست آمد که از لحاظ آماری بیشتر از میانگین واقعی صدمات بود ( $P > 0/01$ ). کمترین تفاوت میانگین صدمات به‌دست‌آمده با میانگین واقعی صدمات در نمونه‌برداری‌های خط نمونه در LS<sub>4</sub> به‌دست آمد (۰/۲۲ درصد) (شکل ۲). در این نمونه‌برداری تعداد خط نمونه برابر ۵۰، ابعاد شبکه ۷۷/۵ × ۷۷/۵ متر و طول هر خط نمونه ۶۰ متر بود.

مقدار تفاوت میانگین‌های به‌دست‌آمده از نمونه‌برداری و مقدار واقعی صدمات (اریب) در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین تفاوت (۶/۵۴ درصد) را LS<sub>1</sub> و کمترین تفاوت (۰/۲۲ درصد) را LS<sub>4</sub> دارند.

نتایج نمونه‌برداری‌های قطعه نمونه و خط نمونه در برآورد کمیت صدمات بهره‌برداری در جدول ۳ نشان داده شده است. در نمونه‌برداری قطعه نمونه با ابعاد شبکه ۱۲۵×۱۲۵ متر و با سطح هر قطعه نمونه ۱۵ آر (PS<sub>1</sub>) میانگین نسبت صدمات ۷/۸۵ درصد به‌دست آمد که با مقدار واقعی صدمات (۱۲/۶ درصد) دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ( $P < 0/01$ ). سایر نمونه‌برداری‌های قطعه نمونه با هم و با مقدار واقعی صدمات اختلاف معنی‌داری نداشتند ( $P > 0/05$ ). همچنین میانگین نسبت به‌دست‌آمده از این نمونه‌برداری (PS<sub>1</sub>) با میانگین‌های به‌دست‌آمده از سایر اندازه‌های قطعه نمونه دارای اختلاف معنی‌دار آماری ( $P < 0/05$ ) بود و بیشترین درصد خطای آماربرداری (۱۹/۳ درصد) را داشت. کمترین تفاوت میانگین صدمات به‌دست‌آمده با میانگین واقعی صدمات در نمونه‌برداری با قطعه نمونه در PS<sub>2</sub> به‌دست آمد (۰/۳ درصد) (شکل ۲). در این نمونه‌برداری تعداد قطعه نمونه برابر ۳۰، ابعاد شبکه ۱۰۰ × ۱۰۰ متر و سطح هر قطعه نمونه ۱۰ آر بود. میانگین صدمات در

جدول ۳- صدمات محاسبه‌شده در نمونه‌برداری‌ها و مقایسه آن با مقدار واقعی (آماربرداری ۱۰۰ درصد)

<i>P</i> -value	خطای آماربرداری (%)	اشتباه معیار (%)	انحراف معیار (%)	میانگین (%)	روش برآورد
-	-	-	-	۱۲/۶۰	آماربرداری ۱۰۰ درصد
					نمونه‌برداری با قطعه نمونه
۰/۰۰۱	۱۹/۳	۰/۶۶	۲/۹۶	۷/۸۵ b	PS <sub>1</sub>
۰/۶۴۶	۱۰/۸	۰/۶۵	۳/۵۴	۱۲/۳۰ a	PS <sub>2</sub>
۰/۶۴۵	۱۱/۹	۰/۷۶	۴/۸۳	۱۲/۹۵ a	PS <sub>3</sub>
۰/۱۷۴	۱۱/۸	۰/۷۹	۵/۵۶	۱۳/۴۶ a	PS <sub>4</sub>
۰/۰۶۱	۱۱/۹	۰/۸۴	۶/۵۱	۱۴/۱۵ a	PS <sub>5</sub>
					نمونه‌برداری با خط نمونه
۰/۰۰۱	۲۵/۸	۰/۷۵	۳/۳۷	۶/۰۶ d	LS <sub>1</sub>
۰/۰۰۱	۱۶/۶	۰/۸۱	۴/۴۴	۹/۹۵ c	LS <sub>2</sub>
۰/۱۳۸	۱۰/۹	۰/۶۳	۳/۹۶	۱۱/۷۰ bc	LS <sub>3</sub>
۰/۵۷۳	۷/۰	۰/۴۵	۳/۱۵	۱۲/۸۲ b	LS <sub>4</sub>
۰/۰۰۱	۷/۴	۰/۵۸	۴/۵۲	۱۵/۶۵ a	LS <sub>5</sub>

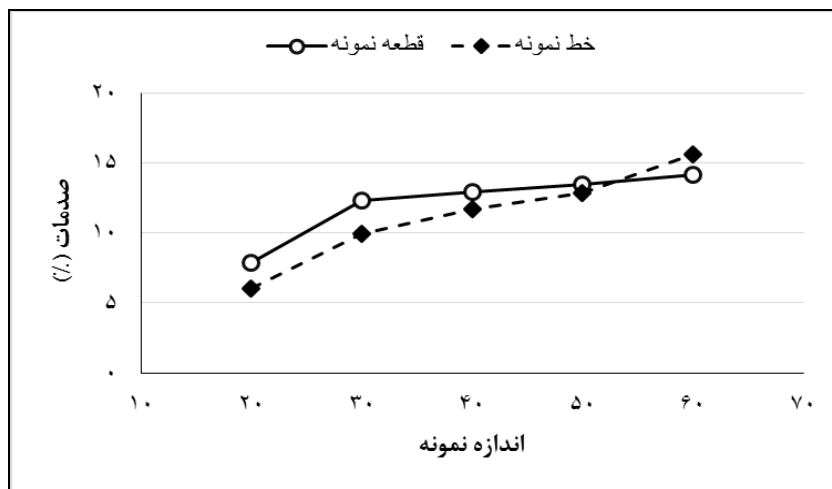


شکل ۲- مقدار اریب در نمونه‌برداری‌های قطعه نمونه (PS) و خط نمونه (LS)

میانگین واقعی صدمات و میانگین‌های به‌دست‌آمده از طریق LS<sub>4</sub> و LS<sub>5</sub> بیشتر از میانگین واقعی صدمات هستند. نتایج نشان داد با افزایش اندازه نمونه (تعداد قطعه نمونه یا تعداد خط نمونه) با شدت ثابت نمونه‌برداری، مقدار صدمات برآورده‌شده افزایش می‌یابد (شکل ۳).

در نمونه‌برداری با قطعه نمونه میانگین‌های به‌دست‌آمده از طریق PS<sub>1</sub> و PS<sub>2</sub> کمتر از مقدار واقعی صدمات و میانگین‌های به‌دست‌آمده از طریق PS<sub>3</sub>، PS<sub>4</sub> و PS<sub>5</sub> بیشتر از مقدار واقعی صدمات هستند. در نمونه‌برداری با خط نمونه نیز میانگین‌های به‌دست‌آمده از طریق LS<sub>1</sub>، LS<sub>2</sub> و LS<sub>3</sub> کمتر از

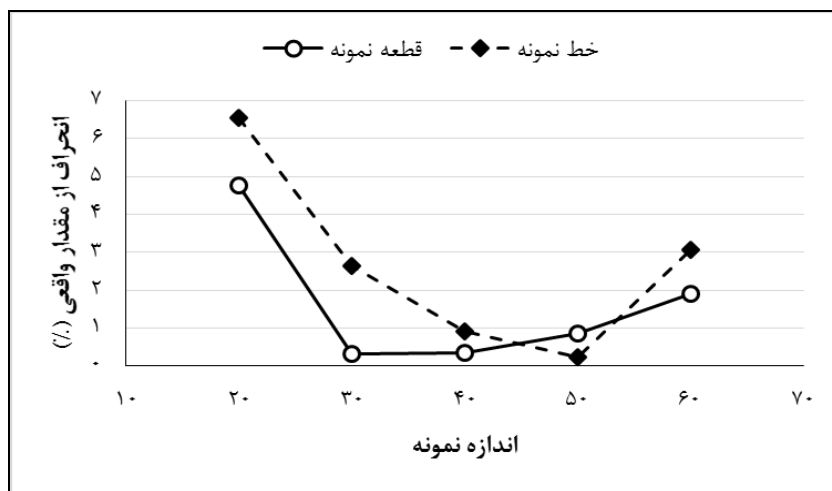




شکل ۳- صدمات برآوردشده با اندازه‌های متفاوت نمونه در نمونه‌برداری با قطعه نمونه و خط نمونه

کمترین انحراف صدمات برآوردشده از مقدار واقعی صدمات در نمونه‌برداری قطعه نمونه با اندازه نمونه ۳۰ قطعه نمونه و در نمونه‌برداری خط نمونه با اندازه نمونه ۵۰ خط نمونه است.

مقدار انحراف صدمات برآوردشده از مقدار واقعی صدمات در اندازه نمونه‌های متفاوت در شکل ۴ نشان داده شده است. در هر دو نمونه‌برداری با قطعه نمونه و خط نمونه صدمات برآوردشده با ۲۰ نمونه بیشترین مقدار انحراف از مقدار واقعی صدمات را داشت.



شکل ۴- انحراف از مقدار واقعی صدمات با اندازه‌های متفاوت در نمونه‌برداری با قطعه نمونه و خط نمونه

تأثیر معنی‌داری ( $P < 0/001$ ) بر میانگین صدمات برآوردشده دارد (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو نمونه‌برداری با قطعه نمونه و خط نمونه اندازه نمونه

جدول ۴- نتایج ANOVA برای مقایسه میانگین‌های صدمات به‌دست‌آمده از نمونه‌برداری‌های قطعه نمونه و خط نمونه

نمونه	عامل تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	P-value
قطعه نمونه	بین گروه‌ها	۶۲۹/۴۰	۴	۱۵۷/۳۵	۵/۶۲	۰/۰۰۱
	درون گروه‌ها	۵۴۶۱/۹۷	۱۹۵	۲۸/۰۱		
	کل	۶۰۹۱/۳۷	۱۹۹			
خط نمونه	بین گروه‌ها	۱۶۹۱/۹۲	۴	۴۲۲/۹۸	۲۶/۶۳	۰/۰۰۱
	درون گروه‌ها	۳۰۹۸/۱۵	۱۹۵	۱۵/۸۹		
	کل	۳۲۶۸/۰۷	۱۹۹			

لازم را  $LS_1$  با مقدار ۳۲۷ دقیقه و بیشترین مدت زمان لازم را  $PS_5$  با مقدار ۱۰۱۳ دقیقه داشتند (جدول ۵). کمترین خطای آماربرداری را  $LS_4$  با مقدار ۷/۰ درصد و بیشترین خطای آماربرداری را  $LS_1$  با مقدار ۲۵/۸ درصد داشتند (جدول ۵). از لحاظ معیار خطا و زمان ( $E^2 \times T$ ) نمونه‌برداری  $LS_4$  کمترین مقدار را داشت (جدول ۵).

مدت زمان لازم برای هر یک از نمونه‌برداری‌ها در جدول ۵ آورده شده است. نمونه‌برداری‌های خط نمونه به زمان کمتری نسبت به نمونه‌برداری‌های قطعه نمونه نیاز داشتند. همچنین با افزایش اندازه نمونه، مدت زمان لازم برای نمونه‌برداری (با ثابت بودن شدت نمونه‌برداری) در هر دو نمونه‌برداری قطعه نمونه و خط نمونه افزایش داشت. کمترین مدت زمان

جدول ۵- رتبه‌بندی نمونه‌برداری‌های قطعه نمونه ( $PS$ ) و خط نمونه ( $LS$ ) از لحاظ کمترین مقدارهای زمان لازم و خطای آماربرداری و معیار ارجحیت ( $UT$ )

رتبه	زمان لازم (T)		خطای آماربرداری (E)		ارجحیت ( $E^2 \times T$ )	
	مقدار (دقیقه)	نمونه‌برداری	مقدار (درصد)	نمونه‌برداری	مقدار	نمونه‌برداری
۱	۳۲۷	$LS_1$	۷/۰	$LS_4$	۲۸۳۲۲	$LS_4$
۲	۴۰۲	$LS_2$	۷/۴	$LS_5$	۳۴۴۴۴	$LS_5$
۳	۵۰۳	$LS_3$	۱۰/۸	$PS_2$	۵۹۷۶۱	$LS_3$
۴	۵۷۸	$LS_4$	۱۰/۹	$LS_3$	۹۰۱۶۳	$PS_2$
۵	۶۲۹	$LS_5$	۱۱/۸	$PS_4$	۱۱۰۷۷۵	$LS_2$
۶	۶۸۳	$PS_1$	۱۱/۹	$PS_3$	۱۲۳۰۵۹	$PS_3$
۷	۷۷۳	$PS_2$	۱۱/۹	$PS_5$	۱۲۷۲۶۵	$PS_4$
۸	۸۶۹	$PS_3$	۱۶/۶	$LS_2$	۱۴۳۴۵۱	$PS_5$
۹	۹۱۴	$PS_4$	۱۹/۳	$PS_1$	۲۱۷۶۶۴	$LS_1$
۱۰	۱۰۱۳	$PS_5$	۲۵/۸	$LS_1$	۲۵۴۴۱۱	$PS_1$

## بحث

آماربرداری صددرد نتایج دقیق تری نسبت به نمونه برداری دارد، اما نیازمند صرف زمان و هزینه زیاد است. (Majnounian et al. 2008b) از نمونه برداری با قطعات نمونه ۵ آری و با فواصل منظم ۵۰ در ۵۰ متری صدمات را بررسی کرده اند. کمتر بودن ابعاد شبکه و سطح قطعه نمونه در تحقیق آنها می تواند به علت نحوه مدیریت و بهره برداری جنگل باشد، زیرا در تحقیق آنها جنگل مورد مطالعه به شیوه پناهی مدیریت شده بود. (Tavankar et al. 2015a) و Nikooy et al. (2010) نیز از قطعه نمونه های ۱۰ آری استفاده کردند و به یافته هایی همسو با نتایج این تحقیق رسیدند. از نظر مدت زمان لازم برای نمونه برداری نیز نتایج نشان داد که با اندازه نمونه یکسان، زمان لازم برای نمونه برداری با خط نمونه حدود ۹۰ درصد کمتر از نمونه برداری با قطعه نمونه بود؛ بنابراین با در نظر گرفتن هر دو معیار دقت و مدت زمان لازم برای نمونه برداری، نمونه برداری با خط نمونه بر نمونه برداری با قطعه نمونه ارجح است.

جنگل بررسی شده مانند سایر جنگل های شمال ایران به شیوه جنگل شناسی تک گزینی مدیریت می شود. در این شیوه، درختان قطع شده در کل سطح پارسل پراکنده اند. خروج درختان قطع شده نیز به شیوه چوبکشی زمینی انجام می گیرد. به همین دلیل درختان صدمه دیده نیز در کل سطح پارسل پراکنده اند. هر چند تحقیقات نشان داده است که فراوانی درختان صدمه دیده در اطراف مسیرهای چوبکشی بیشتر از دیگر نقاط جنگل است (Naghdi et al. 2008; Tavankar et al., 2015a); بنابراین نمونه برداری با طرح منظم تصادفی می تواند روش مناسبی برای برآورد فراوانی درختان باقی مانده صدمه دیده در این جنگل ها باشد.

کمترین مقدار تفاوت برآورد شده صدمات با مقدار واقعی آن در ابعاد شبکه ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر و قطعه نمونه های ۱۰ آری به دست آمد که دلیل آن را می توان فاصله جمع آوری (وینچینگ) بیان کرد؛ زیرا

در این پژوهش، دقت و زمان لازم در برآورد کمیت درختان صدمه دیده در اثر بهره برداری از طریق قطعات نمونه و خط نمونه با ابعاد و طول های مختلف در یک واحد بهره برداری به وسعت ۳۰ هکتار در جنگل ناو اسالم در استان گیلان بررسی شد. در هر دو نمونه برداری از اندازه های متفاوت نمونه و ابعاد شبکه های آماربرداری متفاوت با ثابت بودن شدت نمونه برداری استفاده شد. نتایج نشان داد در صورتی که ابعاد شبکه و سطح قطعه نمونه یا طول خط نمونه مناسب باشد، می توان با نمونه برداری به طرح منظم تصادفی نتایج قابل قبول و نزدیک به مقدار واقعی صدمات را برآورد کرد. این نتایج همسو با نتایج صدمات (Han & Kellogg, 2000) است. مناسب ترین ابعاد شبکه برای نمونه برداری با قطعه نمونه و نمونه برداری با خط نمونه به ترتیب ۱۰۰ در ۱۰۰ متر و ۷۷/۵ در ۷۷/۵ متر به دست آمد. همچنین مناسب ترین سطح قطعه نمونه ۱۰ آر و مناسب ترین طول خط نمونه ۶۰ متر تعیین شد. مقدار خطای آماربرداری در نمونه برداری با قطعه نمونه های ۱۰ آری و با فواصل منظم ۱۰۰ متر از یکدیگر ۱۰/۸ درصد محاسبه شد که دارای کمترین مقدار خطای آماربرداری در بین نمونه برداری های قطعه نمونه بود. همچنین مقدار خطای آماربرداری در نمونه برداری با خط نمونه های ۶۰ متری و با فواصل منظم ۷۷/۵ متر از یکدیگر ۷ درصد محاسبه شد که کمترین مقدار خطای آماربرداری در بین نمونه برداری های خط نمونه بود. این نتایج نشان می دهد دو نمونه برداری یاد شده، برای ارزیابی فراوانی صدمات بهره برداری بر درختان باقی مانده دقت کافی را دارند. در مطالعات (Ghaffaryan et al. 2006)، (Naghdi et al. 2008) و (Jourgholami 2012) و (Mostafanezhad et al. 2013) برای ارزیابی صدمات بهره برداری از روش آماربرداری ۱۰۰ در ۱۰۰ از حفره های قطع، دالان های چوبکشی و درختان حاشیه مسیرهای چوبکشی استفاده شد. استفاده از

درصد از درختان باقی‌مانده در جنگل صدمه می‌بینند (Tavankar et al. 2015a). تحقیق انجام‌گرفته نشان داده است که رویش قطری درختان راش که از بارزش‌ترین درختان جنگل‌های شمال ایران هستند، در اثر زخم‌های بهره‌برداری حدود ۸ درصد نسبت به درختان سالم کاهش داشته است (Tavankar et al., 2015b).

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان در نتیجه‌گیری به موارد زیر اشاره کرد:

- از نمونه‌برداری خطی می‌توان به‌عنوان روشی مناسب و سریع برای برآورد صدمات بهره‌برداری در جنگل‌های تک‌گزینی شمال ایران استفاده کرد.

- مدیران جنگل در اجرای شیوه‌شناسی تک‌گزینی، به برآورد دقیق صدمات وارد بر درختان باقی‌مانده در جنگل پس از اجرای هر عملیات بهره‌برداری نیاز دارند. پیشنهاد می‌شود که موضوع ارزیابی توده‌ها پس از عملیات بهره‌برداری<sup>۱</sup> در تهیه طرح‌های جنگلداری گنجانده شود.

- با توجه به اهمیت زیست‌محیطی و اقتصادی جنگل‌های شمال ایران، مطالعات بیشتر به‌منظور کاهش صدمات بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود.

حداکثر فاصله جمع‌آوری یا طول کابل وینچ ۵۰ متر است. در واقع در هر قسمت از روی مسیر چوبکشی، جمع‌آوری از فاصله ۱۰۰ متر (۵۰ متر از هر طرف) انجام می‌گیرد. به همین دلیل برآورد صدمات در ابعاد شبکه بزرگ‌تر از ۱۰۰ در ۱۰۰ متر کمتر از مقدار واقعی صدمات و در ابعاد شبکه کوچک‌تر از ۱۰۰ در ۱۰۰ متر بیشتر از مقدار واقعی صدمات برآورد شده است.

به‌دلیل راحت‌تر بودن اجرای نمونه‌برداری با خط نمونه نسبت به نمونه‌برداری با قطعه نمونه، زمان اجرای آن نیز کمتر است؛ زیرا نمونه‌برداری با خط نمونه نیازی به مشخص کردن سطح قطعه نمونه و کنترل درختان مرزی ندارد. در تحقیق Han & Kellogg, (2000) نیز گزارش شده است که زمان نمونه‌برداری با طرح قطعه نمونه‌های منظم تصادفی نسبت به روش قطعه نمونه‌های تصادفی کمتر است.

بهره‌برداری از جنگل به هر روشی که انجام گیرد، ناگزیر صدماتی بر درختان باقی‌مانده در جنگل بر جای خواهد گذاشت. تحقیقات نشان داده‌اند که در پی اجرای هر عملیات بهره‌برداری، حدود ۱۳ تا ۲۳

## References

- Bettinger, P., & Kellogg, L.D. (1993). Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the Cascade Range of western Oregon. *Forest Products Journal*, 43(11/12): 59-64.
- Clatterbuck, K.W. (2006). Logging damage to residual trees following commercial harvesting to different overstory retention levels in a mature hardwood stand in Tennessee. In: Proceedings 13th Biennial Southern Silvicultural Research Conference, TN, USA 2006, 591-594.
- Ficklin, RL, Dwyer, J.P., Cutter, B.E., & Draper, T. (1997). Residual tree damage during selection cuts using two skidding systems in the Missouri Ozarks. In: *Proceedings of 11th central hardwood forest conference*, March 23-26, Columbia, USA, 36-46.
- Ghaffaryan, M.R., Sobhani, H., & Marvi Mohajer, M.R., (2006). A study of site damage (soil & seedlings) by traditional logging method. *Iranian Journal of Natural resources*, 58(4): 805-812.
- Han, H.S., & Kellogg, L.D. (2000). A comparison of sampling methods for measuring residual stand damage from commercial thinning. *International Journal of Forest Engineering*, 11(1): 63-71.

<sup>1</sup> Post-harvest assessment

- Jourgholami, M. (2012). Operational impacts to residual stands following ground-based skidding in Hyrcanian Forest, northern Iran. *Journal of Forest Research*, 23(2): 333-337.
- Lanford, B.L., & Stokes, B.J. (1995). Comparison of two thinning systems. Part 1. Stand and site impacts. *Forest Products Journal*, 45(5): 74-79.
- Majnounian, B., Jourgholami, M., Zobeiri, M., & Feghhi, J. (2009b). Assessment of forest harvesting damage to residual stands and regenerations - a case study of Namkhaneh district in Kheyroud forest. *Environmental Sciences*, 7(1): 33-44.
- Majnounian, B., Tashakori, M., Marvie Mohajer, M.R., & Keivan Behjou, F. (2009a). Investigation on the damages to residual trees by traditional logging system in Shelter-wood silvicultural method (Case study: Royan forests). *Iranian Journal of Forest*, 1(3): 187-195.
- Modig, E., Magnusson, B., Valinger, E., Cedergren, J., & Undqvist, L. (2012). Damage to residual stand caused by mechanized selection harvest in uneven-aged *Picea abies* dominated stands. *Silva Fennica*, 46(2): 267-274.
- Mostafanezhad, S.R., Eghtesadi A., & Espahbodi, K. (2013). Comparison of effective factors in exploiting the forest damage in forest management plan of Neka Zalem Rud. *Iranian Journal of Forest*, 5(3): 253-270.
- Naghdi, R., Rafatnia, N., Bagheri, I., & Hemati, V. (2008). Evaluation of residual damage in felling gaps and extraction routes in single selection method (Siyahkal forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(1): 87-98.
- Nikooy, M., Rashidi, R., & Kochehi, G. (2010). Residual trees injury assessment after selective cutting in broadleaf forest in Shafaroud. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(2): 173-179.
- Picchio, R., Magagnotti, N., Sirna, A., & Spinelli, R. (2012). Improved winching technique to reduce logging damage. *Ecological Engineering*, 47: 83-86.
- Pinard, M.A., & Putz, F.E. (1996). Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica*, 28(3): 278-295.
- Reisinger, T.W., & Pope, P.E. (1991). Impact of timber harvesting on residual trees in a central hardwood forest in Indiana. 8th Central Hardwood Forest Conference. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rpt. NE-148: 82-91.
- Sist, P., Sheil, D., Kartawinata, K., & Priyadi, H. (2003). Reduced impact logging in Indonesian Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. *Forest Ecology and Management*, 179(1): 415-427.
- Tavankar, F., Bonyad, A.E. and Majnounian, B. (2015a). Affective factors on residual tree damage during selection cutting and cable-skidder logging in the Caspian forests, Northern Iran. *Ecological Engineering*, 83(8): 505-512.
- Tavankar, F., Bonyad, A.E., Marchi, E., Venanzi, R., and Picchio, R. (2015b). Effect of logging wounds on diameter growth of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) trees following selection cutting in Caspian forest of Iran. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 45(19): 1-7.
- Tavankar, F., Majnounian, B., & Bonyad, A.E. (2013). Felling and skidding damage to residual trees following selection cutting in Caspian forests of Iran. *Journal of Forest Science*, 59(5): 196-203.



## Assessment of plot and line samplings for estimation of logging damages to forest residual trees (Case study :Asalem Nav forest)

F. Tavankar<sup>1\*</sup>, M. Nikooy<sup>2</sup>, and A. Bonyad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Prof., Department of Forestry, Khalkhal Branch, Islamic Azad University, Khalkhal, I. R. Iran

<sup>2</sup>Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh sara, I. R. Iran

<sup>3</sup>Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh sara, I. R. Iran

(Received: 10 February 2016, Accepted: 24 October 2016)

### Abstract

Single tree selection method needs to an accurate estimation of logging damage to residual stand for ecological and sustainable forest management. In this research accuracy and required time for estimation of frequency of damaged trees due to logging operation were assessed through plot and line samplings in a harvest unit of 30 ha area in Asalem Nav forest, northern Iran. In both samplings with same sampling intensity (10% of total area in plot sampling and equal total line lengths in line sampling) five samples size (plot and line sample numbers) were applied with different grid dimensions of systematic sampling method. The results showed that the sample size had significant effect ( $P < 0.001$ ) on estimated damage in both samplings. A number of 30 plots of each 0.1 ha area in plot sampling and 50 line samples of each 60 m in length had lowest different ( $P > 0.618$ ) with actual damage (100% inventory). Adequate grid dimensions were determined 100 m  $\times$  100 m with plot areas of each 0.1 ha for plot sampling and 77.5 m  $\times$  77.5 m with sample line lengths of each 60 m for line sampling. Required time for line samplings were about 90% lower than plot samplings. These results indicate the line sampling can be used for accurate and rapid estimation of frequency of damaged trees due to selection cutting and ground skidding.

**Keywords:** Damaged trees, Ground skidding, Random systematic, Sample line, Selection cutting.