

ارزیابی و مقایسه اثرات زیست‌محیطی دو روش بهره‌برداری جنگل (مطالعه موردی: بخش نمخانه جنگل خیرود)

مقداد جور غلامی^{۱*} و باریس مجنونیان^۲

^۱ استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

^۲ استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۱، تاریخ تصویب: ۸۹/۱۰/۱۸)

چکیده

جنگل‌های شمال ایران دارای غنای گونه‌ای قابل توجه بوده و به لحاظ گونه‌های بومی و در معرض خطر دارای اهمیت جهانی است. استفاده از سیستم چوبکشی زمینی، هرچند بیشترین مشکلات محیط زیستی را سبب می‌شود، اما عملیاتی معمول برای خروج چوب از عرصه قطع است. هدف از این مطالعه ارزیابی و مقایسه اثرات محیط زیستی، صدمه به توده باقیمانده، زادآوری و کمی کردن این اثرات است. آثار یادشده شامل وسعت صدمه دیدگی، الگو، اندازه، توزیع صدمات و اثرات بعد از عملیات بهره‌برداری می‌باشد که با استفاده از دو روش بهره‌برداری گرده‌بینه کوتاه و بلند مورد بررسی قرار گرفته است. این تحقیق در جنگل خیرود انجام و برای چوبکشی از اسکیدر چرخ لاستیکی تیمبرجک استفاده شد. ارزیابی صدمه به توده باقیمانده بعد از عملیات بهره‌برداری در طول مسیر چوبکشی و همچنین برداشت نوارهای کشیدن کابل برای مطالعه صدمه به زادآوری با آماربرداری صد در صد انجام شد. نتایج نشان داد که در نوارهای کشیدن کابل، صدمه به زادآوری ۴۴ و ۳۶ درصد و همچنین صدمه به درختان باقیمانده در اطراف مسیرهای چوبکشی ۲/۳ و ۴/۱ درصد به ترتیب در روش گرده‌بینه کوتاه و گرده‌بینه بلند است. بیشترین میانگین مقدار صدمه (۹۷٪) به متر اول تنه وارد شده و همچنین در داخل محدوده ۴ متری از مرکز مسیر چوبکشی (۸۰٪) اتفاق افتاده است. نتایج به طور آشکار نشان می‌دهد که روش بهره‌برداری گرده‌بینه کوتاه در مقایسه با روش بهره‌برداری گرده‌بینه بلند صدمه کمتری به توده باقیمانده وارد می‌کند. موقعیت درخت نسبت به مسیر چوبکشی دارای اثر معنی‌داری بر مقدار و ارتفاع زخم‌ها در درختان باقیمانده است. مسیرهای چوبکشی با طراحی و ساخت مناسب باید دارای پهنای مناسب برای خروج چوب از جنگل باشد. صدمه به توده باقیمانده با طراحی و برنامه‌ریزی مناسب و آموزش گروه عملیات چوبکشی می‌تواند کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: اثرات محیط زیستی، جنگل‌های خزری، جنگل خیرود، بهره‌برداری جنگل، گرده‌بینه کوتاه، گرده‌بینه بلند، زادآوری

مقدمه

هدف بهره‌برداری جنگل در واقع انجام طرح‌ها و عملیاتی است که به طور عملی و فنی قابل انجام، از لحاظ اقتصادی قابل قبول و از لحاظ محیط زیستی سالم و بی‌خطر است. جهت دستیابی به این هدف، لازم است که بهترین برنامه‌ریزی صورت گیرد و به طور پیوسته بهبود یابد. بنابراین ضروری است که ملاحظات اکولوژیک مهم مانند: پیروی از مراحل طبیعی اکوسیستم جنگل، کاهش تخریب و اجتناب از بهره‌برداری در مناطق آسیب‌پذیر با عملیات بهره‌برداری ترکیب شود (Heinemann, 2004). طراحی و اجرای ضعیف برنامه‌های بهره‌برداری پر هزینه خواهد بود و منجر به صدمات محیط زیستی و صدمه به نیروی کار می‌شود (Sessions et al., 2007). در آغاز قرن بیستم، افزایش استفاده از بهره‌برداری مکانیزه چوب، مشکل صدمه به درختان باقیمانده را در توده‌های جنگلی به همراه آورد. تمام گونه‌های درختی به طور مساوی به صدمات مکانیکی حساس نیستند. صدمه به توده باقیمانده در عملیات جنگل اغلب در طول عملیات حمل و نقل چوب ایجاد می‌شود (Vasiliauskas; 1993; Han, 1998; Froese & Han, 2006; Kosir, 2008). درختان بوسیله ماشین‌ها و گرده‌بینه‌های در حال کشیدن صدمه می‌بینند (Siren, 1982). آسیب‌ها به ابتدای تنه یا مجاورت آن وارد می‌شود (Bettinger & Kovbasa, 1996; Han, 1998; Froese & Han, 2006). در توده‌های نوئل برداشت شده به شیوه پناهی و گزینشی تنها ۱۵ درصد از کل آسیب‌های درختان بالاتر از ۰/۵ متر قرار دارد و ۶۰ درصد از درختان در محل کنده و همچنین ارتفاع ۰/۳ متر از سطح زمین آسیب دیدند (Vasiliauskas, 1993). در عملیات چوبکشی با اسکیدر چرخ‌لاستیکی حدود ۲۲ درصد درختان باقیمانده صدمه دیدند (Fecklin et al., 1997).

آسیب‌های بهره‌برداری از نظر اندازه دارای حد تغییرات بیشتری است. در توده‌های سوزنی برگ آمریکای شمالی،

اندازه زخم در درختان صدمه دیده در محدوده ۰/۱۳ تا ۲۹۶۷/۷ سانتی‌متر مربع است (Bettinger & Kellogg, 1993). در مطالعه دیگری، تنها ۵ درصد از تمام زخم‌ها فراتر از ۳۰/۵ سانتی‌متر مربع است (Sidle & Laurent, 1986). در توده نوئل در نروژ، آسیب‌های بهره‌برداری ممکن است به اندازه ۱۰۰۰-۳۵۰۰ سانتی‌متر مربع برسد. هرچند، تعدادی از مطالعات در توده‌های نوئل نشان داد که بیشتر آسیب‌های بهره‌برداری معمولاً کوچک‌تر از ۱۰۰ سانتی‌متر مربع است (Siren, 1982; Vasiliauskas, 1993; Athanassiadis, 1997). اکثر درختان آسیب دیده در اثر بهره‌برداری تصادفاً در توده پراکنده نمی‌شوند و نزدیک مسیرهای چوبکشی قرار دارند (Han, 1998; Froese & Han, 2006). صدمه به توده باقیمانده در ارتباط با متغیرهای گوناگون در سیستم‌های مختلف بهره‌برداری از جمله گونه‌های مختلف (Shigo, 1966; Ostrofsky et al., 1986; Bettinger & Kellogg, 1993) شدت تنک کردن (Banson & Gonsoir, 1981; Kosir, 2008)، طراحی (Fairweather, 1991)، فاصله درختان از مرکز مسیرهای چوبکشی (Han, 1998; Froese & Han, 2006) و اندازه درخت (Ostrofsky et al., 1986) بررسی شده است. Froese & Han (2006) نتیجه گرفتند که ۳۷/۴ درصد توده باقیمانده در توده آمیخته سوزنی‌برگ آسیب دیدند و ۶۷ درصد صدمه به ۲ متر اول تنه درختان وارد شد. Han (1998) نتیجه گرفت که زخم‌هایی با عرض کمتر از ۱۰ سانتی‌متر عرض در طول مدت ۸ سال بسته شدند. حالت بسیار معمول صدمه به تنه درخت، زخم شدن است (یعنی افتادن پوست تنه یا صدمه به لایه کامبیوم) (Ostrofsky et al., 1986; Han & Kellogg, 2000; Youngblood, 2000). اگر صدمه به اندازه کافی شدید باشد، ممکن است سبب مرگ درخت شود. معمولاً درختان زنده می‌مانند، با این وجود زخم شدن باعث پوسیدگی تنه بوسیله عوامل قارچی شده، به صورت بالقوه منتج به از دست رفتن حجم مورد نظر در آینده خواهد شد (Han & Kellogg, 2000). اندازه و محل زخم‌ها و گسترش کنده‌شدن فاکتورهای مهم تعیین کننده هستند

جنگلی و زادآوری، ارجحیت روش‌ها با هم مقایسه خواهد شد تا سیستمی با حداقل خسارات محیط زیستی و صدمات به توده جنگلی انتخاب شود. درخت در روش گرده‌بینه بلند پس از قطع، به مضر ۴ و ۵ و بیشتر اعداد ۲/۲، ۲/۴، ۲/۶، ۲/۸ متر، تبدیل شده، در حالی که در روش گرده‌بینه کوتاه، درخت پس از قطع، به مضر ۲ و ۳ اعداد ۲/۲، ۲/۴، ۲/۶، ۲/۸ متر، تبدیل می‌شود. در نهایت گرده‌بینه‌ها در سیستم چوبکشی زمینی توسط اسکیدر چرخ لاستیکی از عرصه قطع به محل دپو منتقل می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در پارسل‌های ۲۲۱ و ۲۲۶ بخش نمخانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود انجام شد. مساحت این دو پارسل در مجموع برابر ۸۳ هکتار است. حجم و تعداد درختان در پارسل‌های ۲۲۱ و ۲۲۶ به ترتیب ۵۰۴ سیلو با ۱۷۳ اصله درخت و ۳۰۱ سیلو با ۱۲۳ اصله درخت است (Department of Forestry and Forest Economics, 1995). ارتفاع از سطح دریا ۱۰۰۰ تا ۱۱۹۰ متر و میزان بارندگی منطقه ۱۵۳۲ میلی‌متر است (Etemad, 2002). شیوه بهره‌برداری در پارسل‌های مورد مطالعه به صورت تک‌گزینی و میزان حجم برداشت در پارسل ۲۲۱ و ۲۲۶ به ترتیب ۹۴۸ و ۷۸۲ سیلو است. شیب کلی پارسل ۲۲۱ و ۲۲۶ به ترتیب ۴۵ و ۳۵ درصد است. تیپ فعلی جنگل، راش ممرز به همراه توسکا و افرا است. عملیات جمع‌آوری اطلاعات در شهریور و مهر ۱۳۸۸ انجام گرفت.

روش مطالعه

صدمه به توده سرپا در روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و بلند

برای دستیابی به وسعت صدمه، الگو، اندازه و توزیع صدمات در اثر چوبکشی با اسکیدر به دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند

(Aho et al., 1983). فراوانی و وسعت پوسیدگی به مساحت، عرض و موقعیت زخم، گونه درخت و سن آن بستگی دارد. Aho و همکاران (1983) نشان دادند که ۶۵ تا ۸۵ درصد از زخم‌های بزرگتر از ۹۰۰ سانتی‌متر مربع پوسیده شدند. سن زخم^۱ نسبت به اندازه زخم، دارای اثر بیشتری بر روی کاهش حجم چوب آینده است (Vasiliauskas, 2001).

Hosseini (1994) اولین تحقیق مرتبط را در ایران انجام داد، وی نتیجه گرفت که زخم‌های عمیق و با مساحت نسبتاً زیاد بر روی تنه درختان باقیمانده عمدتاً مربوط به فعالیت دستگاه‌های چوبکشی است و ۸۲/۵ درصد زخم‌های مشاهده شده در ۲ متر ابتدائی تنه درختان مشاهده شدند.

Rashidi (1995) در تحقیقی با عنوان اثر صدمات مکانیکی در رشد درختان راش در طرح جنگلداری امامزاده ابراهیم گیلان نتیجه گرفت که ۳۱/۸ درصد از زخم‌های مشاهده شده در بخش کنده درخت، ۵۴/۴ درصد در یک متر اول تنه و مابقی در بالای یک متری تنه درختان سرپا به وقوع می‌پیوندد. (Ahmadi 1996) با بررسی صدمات بهره‌برداری بر توده جنگل، نتیجه‌گیری کرد که حدود ۴۷ درصد درختان سرپا در توده جنگل بعد از بهره‌برداری آسیب دیدند. Naghdi (2004) با اندازه‌گیری ۷۴ قطعه نمونه دایره‌ای شکل در حفره‌های قطع در جنگل‌های شرکت نکاچوب نشان داد که صدمه به درختان و زادآوری موجود در قطعات نمونه به ترتیب برابر با ۱۹/۰۴ و ۱۳/۰۸ درصد است.

Nikooy (2007) با بررسی صدمات وارد به توده باقیمانده در جنگل‌های شرکت سفارود نشان داد که صدمات وارد به درختان، نونهال‌ها، نهال‌ها و خال‌ها ناشی از قطع به ترتیب ۲۳/۵، ۲۰/۳، ۲۰/۶ و ۲۶/۵ درصد است. اهداف تحقیق شناسایی و مقایسه خصوصیات و ویژگی‌های صدمه به درختان در اثر تبدیل و چوبکشی و تخمین مقدار صدمه به توده باقیمانده است. همچنین ضمن مقایسه روش‌های بهره‌برداری گرده‌بینه بلند و کوتاه از نظر میزان صدمه به توده

۱- Scar age

همچنین نهال‌های آسیب‌دیده به سه درجه خسارت شامل خم شدن تاج، زخمی شدن و شکسته و ریشه‌کن شده تقسیم‌بندی شدند. به سبب سطح غیر مساوی نوارهای کشیدن کابل، درصد صدمه به روش میانگین وزنی از طریق رابطه ۱ محاسبه شد (Naghdi, 2004):

(۱)

$$M_w = \frac{\sum_{i=1}^n g_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} [i = 1, 2, \dots, n]$$

که در آن

M_w = درصد خسارت در کل منطقه مورد آماربرداری

g_i = درصد خسارت در هر نوار

S_i = مساحت هر نوار

نتایج

صدمه به توده سرپا و تجدید حیات در روش چوبکشی

گرده‌بینه کوتاه و بلند

اندازه‌گیری درختان صدمه‌دیده در اثر عملیات چوبکشی به دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند در مسیرهای مورد مطالعه نشان داد که در روش چوبکشی گرده‌بینه بلند در مجموع ۹۰ درصد درخت صدمه دید و در اثر روش گرده‌بینه کوتاه، ۶۲ درصد درخت دچار درجاتی از صدمه دیدگی شد. در روش گرده‌بینه بلند ۵۳ درصد درختان صدمه دیده مربوط به گونه ممرز بود و راش و سایر گونه‌ها به ترتیب ۳۰ و ۱۷ درصد درختان صدمه‌دیده را تشکیل داد. در حالی که در روش گرده‌بینه کوتاه، ۴۲ درصد از درختان صدمه دیده را گونه ممرز تشکیل داد و راش و سایر گونه‌ها به ترتیب ۵۲ و ۶ درصد درختان صدمه‌دیده را شامل شد (جدول ۱ و شکل ۱).

از آماربرداری صددرد درختان صدمه دیده در اطراف مسیرهای چوبکشی استفاده شد. به منظور تعیین مقدار خسارت به درختان در اطراف مسیرهای چوبکشی، درختان صدمه دیده در هر دو روش چوبکشی به ۵ طبقه قطری (قطر برابر سینه) با کدهای ۱ (۰-۱۰ سانتی‌متر)، ۲ (۱۱-۲۰ سانتی‌متر)، ۳ (۲۱-۴۰ سانتی‌متر)، ۴ (۴۱-۷۰ سانتی‌متر) و ۵ (بیش از ۷۰ سانتی‌متر) طبقه‌بندی شدند. درختان خسارت دیده در اثر چوبکشی درخت در قطعه نمونه نیز به صورت زیر تعیین کیفیت شدند:

الف- نوع گونه، ب- محل زخم با کد ۱ (امتداد ریشه‌های درخت)، با کد ۲ (تا ۲ متر اول تنه) و با کد ۳ (بیش از ۲ متر)، ج- شدت زخم با کد ۱ (سطحی، آسیب به پوست)، کد ۲ (عمیق، آسیب به کامبیوم) و کد ۳ (خیلی عمیق، آسیب به چوب) د- مساحت زخم با کد ۱ (کمتر از ۵۰۰ سانتی‌متر مربع)، با کد ۲ (۵۰۰-۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع) و با کد ۳ (بیش از ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع)، ه- تعداد زخم با کد ۱ (یک زخم)، با کد ۲ (۲ تا ۳ زخم) و با کد ۳ (بیش از ۳ زخم)، و- مرحله ایجاد خسارت با کد ۱ (چوبکشی) و با کد ۲ (مرحله کشیدن کابل).

صدمات وارده به گروه‌های زادآوری در نوارهای

کشیدن کابل در روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و بلند

به منظور بررسی صدمات وارده به گروه‌های زادآوری در اثر فعالیت‌های چوبکشی به دو روش گرده‌بینه بلند و کوتاه، زادآوری در نوارهای کشیدن کابل از محل کشیدن گرده‌بینه تا کنار مسیر چوبکشی با عرض ۱ متر و بسته به طول متغیر کشیدن کابل اندازه‌گیری شدند. از آنجا که در هر نوار کشیدن کابل برای اندازه‌گیری زادآوری، نهال‌هایی از گونه‌ها و سنین مختلف وجود دارد، بنابراین برای سهولت کار اندازه‌گیری زادآوری‌ها به سه طبقه نونهال و نهال (با ارتفاع کمتر از ۰/۵ متر)، شل (با ارتفاع ۰/۵ تا ۲ متر) و خال (با ارتفاع ۲ تا ۶-۸ متر) تقسیم شدند. برای هر طبقه، نهال‌های سالم به تفکیک نوع گونه شامل راش، ممرز و سایر گونه‌ها شمارش شدند و

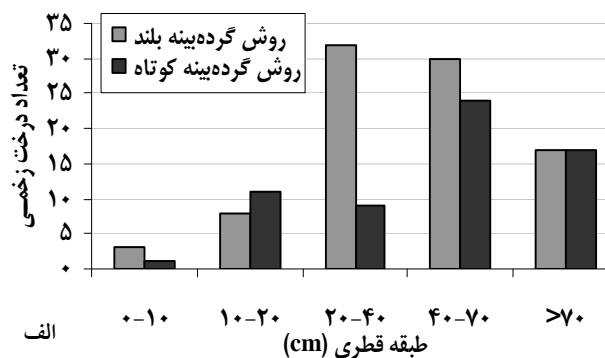
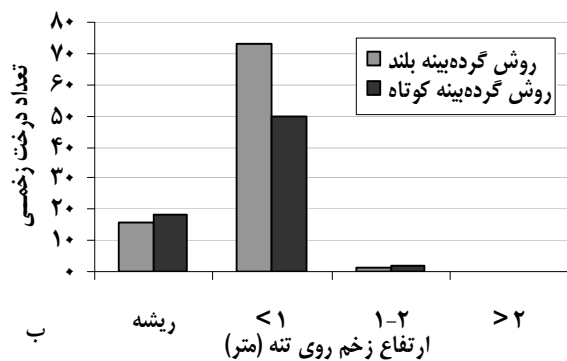
جدول ۱- تعداد و درصد درختان صدمه دیده به تفکیک گونه و طبقه قطری در اطراف مسیر چوبکشی

طبقه قطری (سانتی‌متری)					گونه			گونه و طبقه قطری	
بیش از ۷۰	۴۱-۷۰	۲۱-۴۰	۱۱-۲۰	۰-۱۰	سایر	راش	ممرز	روش چوبکشی	
۱۷	۳۰	۳۲	۸	۳	۱۵	۲۷	۴۸	تعداد	روش گرده‌بینه بلند
۱۹	۳۳	۳۶	۹	۳	۱۷	۳۰	۵۳	درصد	
۱۷	۲۴	۹	۱۱	۱	۴	۳۲	۲۶	تعداد	روش گرده‌بینه کوتاه
۲۷	۳۹	۱۵	۱۸	۱	۶	۵۲	۴۲	درصد	

سطح زمین قرار دارد و در ارتفاع بالاتر از ۲ متر هیچ‌گونه زخمی بر روی تنه درختان آسیب دیده مشاهده نشد. به عبارت دیگر، حدود ۹۹ درصد زخم‌ها در ارتفاع ۱ متر اول تنه درخت قرار دارد. در روش گرده‌بینه کوتاه ۲۶ درصد زخم‌ها بر روی ریشه درختان، ۷۱ درصد تا ارتفاع یک متر و ۳ درصد در ارتفاع یک تا دو متر قرار دارد و هیچ نوع زخمی در ارتفاع بیش از ۲ متر مشاهده نشد. در واقع حدود ۹۷ درصد زخم‌ها در ارتفاع کمتر از یک متر اتفاق افتاده است (شکل ۱ ب و جدول ۲).

نتایج نشان داد که در روش گرده‌بینه بلند، بیشتر درختان صدمه‌دیده مربوط به طبقه قطری ۲۱-۴۰ سانتی‌متر است حال آنکه در روش گرده‌بینه کوتاه، طبقه قطری ۴۱-۷۰ سانتی‌متر دارای بیشترین مقدار درختان صدمه‌دیده است. به عبارت دیگر در هر دو روش چوبکشی درختان با ارزش و انتخاب شده دچار درجاتی از صدمه‌دیدگی شدند (شکل ۱ الف).

بررسی ارتفاع محل زخم بر روی تنه درختان نشان داد که در روش گرده‌بینه بلند، ۱۸ درصد زخم بر روی ریشه و امتداد ریشه‌ها است و ۸۱ درصد زخم‌ها پایین‌تر از ۱ متر تنه از



شکل ۱- تعداد درختان صدمه دیده به تفکیک طبقه قطری (الف) و ارتفاع زخم (ب) در اطراف مسیر چوبکشی

(صدمه به بخش چوبی تنه درخت از جمله شکافتن چوب) بود. در روش گرده‌بینه کوتاه به ترتیب ۱۰ و ۹۰ درصد زخم‌ها سطحی و عمیق بود و زخم‌های خیلی عمیق مشاهده نشد (شکل ۲ ب و جدول ۲).

بررسی شدت زخم‌ها در روش چوبکشی گرده‌بینه بلند نشان داد که ۱۱ درصد از زخم‌ها سطحی است و ۶۷ درصد از زخم‌ها عمیق و با صدمه به کامبیوم و کنده شدن و تخریب لایه کامبیوم همراه بود و تنها ۱۲ درصد زخم‌ها خیلی عمیق

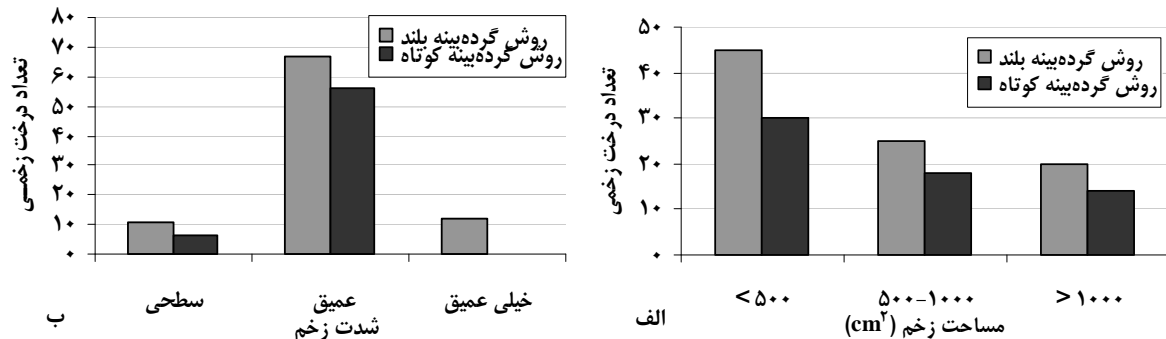
جدول ۲- تعداد و درصد درختان صدمه دیده به تفکیک ارتفاع و شدت زخم در اطراف مسیر چوبکشی

شدت زخم			ارتفاع زخم				گونه و طبقه قطری	
خیلی عمیق	عمیق	سطحی	بیش از ۲ متر	۱-۲ متر	۱ تا ۱ متر	ریشه	روش چوبکشی	
۱۲	۶۷	۱۱	۱	۱	۷۳	۱۶	تعداد	روش گرده‌بینه بلند
۱۳	۷۵	۱۲	۱	۱	۸۱	۱۸	درصد	
۰	۵۶	۶	۲	۲	۵۰	۱۸	تعداد	روش گرده‌بینه کوتاه
۰	۹۰	۱۰	۳	۳	۷۱	۲۶	درصد	

طبقه ۱۰۰۰-۵۰۱ سانتی‌متر مربع و ۲۳ درصد مربوط به مساحت بیش از ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع است. میانگین زخم در هر درخت در روش گرده‌بینه کوتاه کمتر از روش گرده‌بینه بلند و برابر با ۶۵۶ سانتی‌متر مربع است. حداقل آن ۴۲ و حداکثر آن ۲۳۹۴ سانتی‌متر مربع تعیین شد. حداکثر مساحت زخم نیز در روش گرده‌بینه کوتاه به مراتب کمتر از روش گرده‌بینه بلند است. به عبارت دیگر نه تنها مقدار صدمات وارده به درختان در روش گرده‌بینه بلند بیش از کوتاه است بلکه اندازه و وسعت صدمه نیز در روش گرده‌بینه بلند بیشتر از روش گرده‌بینه کوتاه مشاهده شد (شکل ۲ الف و جدول ۴).

نتایج مربوط به مساحت زخم‌های موجود در تنه درختان نشان داد که در روش چوبکشی گرده‌بینه بلند، ۵۰ درصد درختان دارای زخم‌های کمتر از ۵۰۰ سانتی‌متر مربع بود و ۲۸ درصد زخم‌ها اندازه بین ۵۰۱-۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع و ۲۲ درصد اندازه بیش از ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع دارد. حداقل زخم مشاهده شده ۴۶ سانتی‌متر مربع و حداکثر آن ۲۹۶۶ سانتی‌متر مربع بود. میانگین اندازه زخم هر درخت در این روش ۶۶۷ سانتی‌متر مربع است. در طبقه زخم کمتر از ۵۰۰ سانتی‌متر مربع، میانگین زخم هر درخت ۲۶۶ سانتی‌متر مربع است و حداقل و حداکثر مساحت زخم هر درخت در این دسته به ترتیب برابر ۴۶ و ۴۹۴ سانتی‌متر مربع است. در گروه ۵۰۱-۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع، میانگین زخم در هر درخت ۶۶۰ سانتی‌متر مربع و حداکثر آن ۹۳۰ و حداقل آن ۵۱۸ سانتی‌متر مربع است. میانگین مساحت زخم در هر درخت در طبقه بیش از ۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع برابر ۱۵۷۶ سانتی‌متر مربع و حداکثر آن ۲۹۶۶ و حداقل آن ۱۰۱۶ سانتی‌متر مربع است (شکل ۲ الف و جدول ۳).

در روش گرده‌بینه کوتاه، ۴۸ درصد زخم دارای مساحت کمتر از ۵۰۰ سانتی‌متر مربع بوده و ۲۹ درصد مربوط به



شکل ۲- تعداد درختان صدمه دیده به تفکیک شدت زخم (الف) و تعداد زخم (ب) در اطراف مسیر چوبکشی

جدول ۳- تعداد و درصد درختان صدمه دیده به مساحت، تعداد و مرحله ایجاد زخم در اطراف مسیر چوبکشی

مرحله ایجاد زخم		تعداد زخم			مساحت زخم (سانتی‌متر مربع)			گونه و طبقه قطری	
کاشیدن کابل	چوبکشی	بیش از ۳	۱-۳	۱	بیش از ۱۰۰۰	۵۰۱-۱۰۰۰	کمتر از ۵۰۰	تعداد	روش گرده‌بینه بلند
۳۱	۵۹	۶	۵۶	۲۸	۲۰	۲۵	۴۵		
۳۴	۶۶	۷	۶۲	۳۱	۲۲	۲۸	۵۰		
۱۸	۴۴	۴	۲۹	۲۹	۱۴	۱۸	۳۰	تعداد	روش گرده‌بینه کوتاه
۲۹	۷۱	۶	۴۷	۴۷	۲۳	۲۹	۴۸		

جدول ۴- مساحت زخم در دو روش چوبکشی گرده‌بینه بلند و کوتاه

مساحت روش گرده‌بینه کوتاه (مترمربع)				مساحت روش گرده‌بینه بلند (مترمربع)				روش
جمع	بیش از ۱۰۰۰	۵۰۱-۱۰۰۰	کمتر از ۵۰۰	جمع	بیش از ۱۰۰۰	۵۰۱-۱۰۰۰	کمتر از ۵۰۰	پارامتر
۶۵۶	۱۴۴۰	۷۲۵	۲۴۸	۶۶۷	۱۵۷۶	۶۶۰	۲۶۶	میانگین
۲۳۹۴	۲۳۹۱	۹۳۵	۴۶۸	۲۹۶۶	۲۹۶۶	۹۳۰	۴۹۴	حداکثر
۴۲	۱۰۰۱	۵۱۵	۴۲	۴۶	۱۰۱۶	۳۴۸	۴۶	حداقل
۵۴۰	۵۰۳	۱۴۹	۱۲۸	۵۸۹	۵۵۸	۱۲۳	۱۳۴	انحراف از معیار

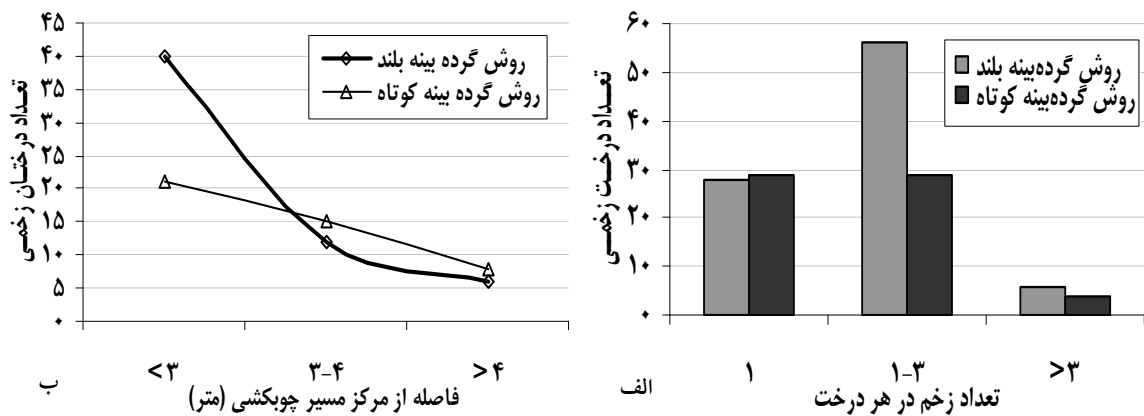
درصد درختان یک زخم داشته و ۴۷ درصد درختان نیز ۱-۳ زخم دارند و تنها ۶ درصد درختان بیش از ۳ زخم دارند. تعداد زخم‌های بیشتر از یک در روش گرده‌بینه کوتاه کمتر از روش گرده‌بینه بلند است. در روش گرده‌بینه بلند درصد

نتایج نشان می‌دهد که در روش گرده‌بینه بلند، ۳۱ درصد درختان دارای یک زخم، ۶۲ درصد دارای ۱-۳ زخم و تنها ۷ درصد درختان بیش از ۳ زخم دارند. در مجموع ۶۹ درصد درختان بیش از یک زخم دارند. در روش گرده‌بینه کوتاه، ۴۷

درصد درختان در فاصله ۳-۴ متر و تنها ۱۸ درصد درختان در فاصله بیش از ۴ متر از مرکز مسیر قرار دارد. در مقایسه با چوبکشی به روش گرده‌بینه بلند، با افزایش فاصله از مرکز مسیر درصد درختان صدمه دیده در روش گرده‌بینه کوتاه بیشتر می‌شود که علت اصلی آن تعداد زیاد مرتبه‌های کشیدن بینه‌ها در اطراف مسیر چوبکشی و همچنین فواصل زیاد کشیدن کابل است که سبب می‌شود که با افزایش فاصله از مرکز مسیر، کاهش میزان درصد صدمه با آهنگ کمتری صورت گیرد. حداقل و حداکثر فاصله درختان آسیب دیده از مرکز مسیر چوبکشی در روش گرده‌بینه کوتاه به ترتیب ۵ و ۲ متر است. ۸۰ درصد آسیب دیدگی درختان در فاصله کمتر از ۴ متری مرکز مسیر چوبکشی رخ می‌دهد.

درختانی که یک زخم دارند به مراتب بیشتر از روش گرده‌بینه کوتاه است (شکل ۳ الف و جدول ۴). همچنین ۶۶ درصد از کل درختان آسیب دیده در روش گرده‌بینه بلند مربوط به مرحله چوبکشی و ۳۴ درصد مربوط به کشیدن کابل است. در حالیکه در روش گرده‌بینه کوتاه، ۷۱ درصد درختان مربوط به مرحله چوبکشی و ۲۹ درصد مربوط به مرحله کشیدن کابل است. در هر دو روش حدود یک‌سوم خسارت به درختان در اثر کشیدن کابل رخ می‌دهد که دلیل اصلی آن عدم رعایت اصول مناسب قطع درخت در جهت تعیین شده و یا انتخاب نامناسب مسیرهای کشیدن کابل است.

در بررسی‌های انجام شده، بیشترین صدمه به درختان در اطراف مسیرهای چوبکشی مشاهده شده است. اکثر درختان آسیب دیده در اثر بهره‌برداری به طور تصادفی در توده پراکنده نمی‌باشند و نزدیک مسیرهای چوبکشی قرار دارند. در هر دو روش چوبکشی گرده بینه بلند و کوتاه، با افزایش فاصله از مرکز مسیر چوبکشی تعداد درختان صدمه دیده کاهش می‌یابد (شکل ۵-۶۹ ب). در روش گرده‌بینه بلند بیشترین درصد درختان آسیب دیده در فاصله کمتر از ۳ متر در اطراف خط مرکزی مسیر چوبکشی قرار دارند و با افزایش فاصله از مرکز مسیر چوبکشی به تدریج از درختان آسیب دیده کاسته می‌شود. به طوری که ۲۱ درصد درختان در فاصله ۳-۴ متر و تنها ۸ درصد درختان در فاصله بیش از ۴ متر دچار صدمه شدند. میانگین فاصله درختان زخمی شده ۱/۸ متر از خط وسط مسیر چوبکشی است و حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۵/۴ و ۱/۶ متر از خط وسط مسیر فاصله دارند. به عبارت دیگر در روش چوبکشی گرده‌بینه بلند بیشترین تمرکز درختان صدمه دیده در فاصله کمتر از ۳ متر است و ۹۰ درصد درختان صدمه دیده در فاصله کمتر از ۴ متر مرکز مسیر چوبکشی قرار دارند (شکل ۳ ب). در روش گرده‌بینه کوتاه نیز با افزایش فاصله از مرکز مسیر چوبکشی، درصد درختان آسیب دیده کاهش می‌یابد. ۴۸ درصد درختان صدمه دیده در فاصله کمتر از ۳ متر از مسیر چوبکشی و ۳۴

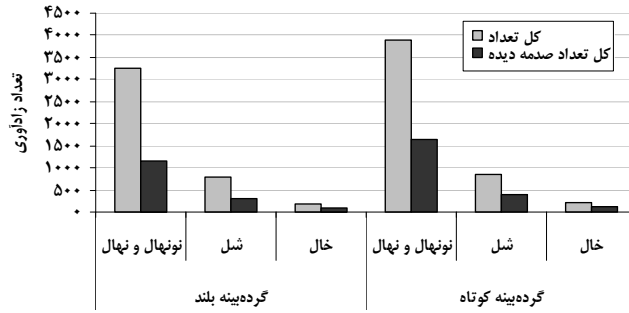


شکل ۳- تعداد درختان صدمه دیده به تفکیک مساحت زخم (الف) و تغییر تعداد درختان زخمی با فاصله از مسیر چوبکشی (ب)

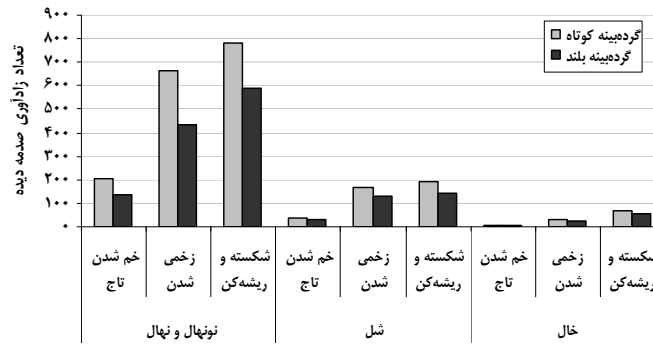
در طول نوار، با کندن و ریشه‌کن کردن قابل توجه زادآوری‌ها در طول نوارهای کشیدن کابل همراه بود. در طبقه نونهال و نهال ۵۱ درصد نهال‌ها شکسته و ریشه‌کن شد، در طبقه شل‌ها و خال‌ها نیز به ترتیب ۴۸ و ۶۲ درصد نهال‌ها شکسته و ریشه‌کن شد (شکل ۵). هرچند شکسته و ریشه‌کن شدن زادآوری‌ها در هر سه گروه دارای بیشترین مقدار است ولی با افزایش ارتفاع نهال‌ها، احتمال شکسته شدن آنها به علت چوبی بودن ساقه افزایش می‌یابد. زخمی و خم شدن زادآوری در هر سه طبقه نونهال و نهال، شل و خال به ترتیب بعد از شکسته و ریشه‌کن شدن زادآوری‌ها قرار دارد. مجموع تعداد زادآوری‌ها با افزایش ارتفاع کاسته می‌شود و به همان نسبت نیز میزان کلی صدمات کاهش می‌یابد (شکل ۶).

صدمات وارده به گروه‌های زادآوری در نوارهای کشیدن کابل

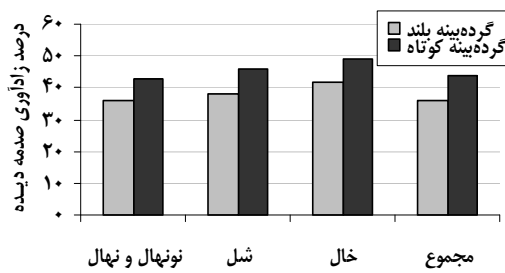
در نهایت حدود ۱۲۳ نوار کشیدن کابل در روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و ۱۰۰ نوار کشیدن کابل در روش چوبکشی گرده‌بینه بلند اندازه‌گیری شد. با توجه به عرض ثابت یک متر در نظر گرفته شده برای شمارش زادآوری، مجموع مساحت نوارهای کشیدن کابل در روش گرده‌بینه کوتاه و بلند به ترتیب برابر با ۲۵۳۴ و ۲۱۲۰ مترمربع است. به ازای حجم مساوی چوب خارج شده از عرصه در دو روش فوق، تعداد دفعات کشیدن کابل در روش گرده‌بینه کوتاه بیشتر از روش گرده‌بینه بلند است. در روش گرده‌بینه بلند در مجموع ۳۶ درصد زادآوری در نوارهای کشیدن کابل دچار آسیب دیدگی شد (جدول ۵ و شکل ۴). طبقه نونهال و نهال، ۳۶ درصد، شل‌ها ۳۸ درصد و خال‌ها ۴۲ درصد صدمه دید. طبقه نونهال و نهال حدود ۷۷ درصد کل نهال‌های موجود در نوارها را در روش گرده‌بینه بلند تشکیل می‌دهد که ۲۷ درصد آنها آسیب دید. نکته قابل توجه این است که بیشترین درصد نوع صدمه مربوط به شکسته و ریشه‌کن شدن نهال‌ها، شل‌ها و خال است. کشیدن گرده‌بینه در میان گروه‌های زادآوری، سبب فرو رفتن سر گرده‌بینه در خاک شد و علاوه بر بهم خوردن خاک



شکل ۴- مجموع زادآوری و تعداد کل زادآوری صدمه دیده به تفکیک در دو روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و بلند



شکل ۵- مجموع تعداد زادآوری صدمه دیده به تفکیک نوع صدمه در دو روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و بلند



شکل ۶- درصد زادآوری صدمه دیده به تفکیک گروه‌ها در دو روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و بلند

جدول ۷- فرم آماربرداری خسارات وارده به زادآوری (قطر کمتر از ۷/۵ سانتی‌متر) در نوارهای کشیدن کابل

خال (۲ تا ۸-۶ متر)			شل (۰/۵ تا ۲ متر)				نونهال و نهال (کمتر از ۰/۵ متر)			گروه زادآوری		
آسیب دیده			آسیب دیده				آسیب دیده			سالم یا آسیب دیدگی		
شکسته و ریشه‌کن	زخمی شدن	خم شدن تاج	سالم	شکسته و ریشه‌کن	زخمی شدن	خم شدن تاج	سالم	شکسته و ریشه‌کن	زخمی شدن	خم شدن تاج	سالم	
۸۳	۲۳	۵	۱۱۴	۱۴۵	۱۳۱	۲۸	۴۹۲	۵۸۹	۴۳۶	۱۳۴	۲۰۸۶	روش گرده‌بینه بلند
۶۶	۳۳	۸	۱۱۱	۱۹۱	۱۶۹	۳۹	۴۶۶	۷۸۴	۶۶۷	۲۰۵	۱۷۷۱	روش گرده‌بینه کوتاه

اندازه‌گیری صدمه به گروه‌های زادآوری بوسیله Naghdi (2004) و (2007) Nikooy اشاره شده و نتایج این اندازه‌گیری با نتایج آنها همخوانی دارد. در هر دو روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و بلند، راش و ممرز بیش از ۸۰ درصد درختان صدمه‌دیده را شامل می‌شوند، درصد بالای صدمه این دو گونه در اثر عملیات چوبکشی به علت حساسیت این دو گونه به صدمات مکانیکی حاصل از چوبکشی نیست، بلکه در درجه اول مربوط به حضور غالب این دو گونه در توده‌های جنگلی جنگلی مورد مطالعه است. در دو روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و بلند، به ترتیب ۴ و ۵ درخت در هکتار از درختان باقیمانده در طول عملیات چوبکشی در توده‌های جنگلی آسیب دیدند. مقدار صدمه به درختان باقیمانده در روش چوبکشی گرده‌بینه بلند دو برابر روش گرده‌بینه کوتاه است. هرچند درصد صدمه به درختان باقیمانده در این تحقیق به مراتب کمتر از سایر تحقیقات مشابه داخلی و خارجی است. البته این تحقیق فقط میزان صدمه به درختان را در مرحله چوبکشی در نظر گرفته است و با در نظر گرفتن صدمات حاصل از قطع درختان، مقدار صدمات به مراتب بیشتر خواهد بود. (Froese & Han (2006) صدمه به توده باقیمانده را ۳۷/۴ درصد، (Fecklin et al. (1997) مقدار صدمه را ۲۲ درصد، (Ahmadi (1996) ۴۷ درصد، Naghdi (2004)، ۱۹/۰۴ درصد و (Nikooy (2007) ۲۳/۵ درصد درختان باقیمانده برآورد نمودند.

در روش چوبکشی گرده‌بینه بلند، ۳۶ درصد درختان صدمه دیده مربوط به طبقه قطری ۲۰-۴۰ سانتی‌متر است و در روش گرده‌بینه کوتاه، ۳۹ درصد درختان مربوط به طبقه ۴۰-۷۰ سانتی‌متری است. بررسی آسیب‌های وارده به درختان در مسیرهای چوبکشی به دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند از نظر قطر برابر سینه نشان داد که با افزایش قطر، درصد درختان صدمه دیده کاهش می‌یابد و این کاهش به تبعیت از کاهش تعداد درختان با افزایش قطر در توده‌های ناهمسال است. یافته‌های این تحقیق منطبق با نتایج Hosseini

در روش گرده‌بینه کوتاه، در مجموع ۴۴ درصد گروه‌های زادآوری در نوارهای کشیدن کابل دچار صدمه شدند (جدول ۷ و شکل ۶). گروه‌های زادآوری نونهال و نهال، شل و خال به ترتیب ۴۳، ۴۶ و ۴۹ درصد دچار آسیب دیدگی شدند. نونهال و نهال‌ها حدود ۷۸ درصد زادآوری‌های موجود در نوارهای کشیدن کابل را شامل می‌شوند که ۳۳/۴ درصد آن در اثر کشیدن کابل گرده‌بینه‌ها آسیب دیدند (شکل ۴ و ۵). گروه زادآوری با ارتفاع ۰/۵ تا ۲ متر (شل)، ۱۷/۴ درصد زادآوری‌های موجود در نوارهای وینچ را شامل می‌شوند که ۸ درصد از آنها خسارت دیدند و گروه زادآوری با بیش از ۲ متر ارتفاع ۴/۴ درصد زادآوری نوارهای کشیدن کابل را شامل می‌شود که ۲/۲ درصد آنها صدمه دیدند. بیشترین نوع آسیب مشاهده شده در سه گروه زادآوری همانند روش گرده‌بینه بلند، البته با شدت بیشتر، مربوط به شکسته و ریشه‌کن شدن زادآوری در اثر کشیدن کابل گرده‌بینه است.

بحث و نتیجه‌گیری

به ازای حجم مساوی چوب خارج شده از عرصه در دو روش فوق، تعداد دفعات کشیدن کابل در روش گرده‌بینه کوتاه بیشتر از روش گرده‌بینه بلند است. در روش گرده‌بینه بلند در مجموع ۳۶ درصد زادآوری در نوارهای کشیدن کابل دچار آسیب دیدگی شدند و در روش گرده‌بینه کوتاه، در مجموع ۴۴ درصد گروه‌های زادآوری در نوارهای کشیدن کابل دچار صدمه شدند. همچنین بیشترین نوع آسیب مشاهده شده در سه گروه زادآوری (نونهال و نهال، شل و خال) همانند روش گرده‌بینه بلند، البته با شدت بیشتر، مربوط به شکسته و ریشه‌کن شدن زادآوری در اثر کشیدن گرده‌بینه است. هرچند شکسته و ریشه‌کن شدن زادآوری‌ها در هر سه گروه دارای بیشترین مقدار است ولی با افزایش ارتفاع نهال‌ها، احتمال شکسته شدن آنها به علت چوبی بودن ساقه افزایش می‌یابد. نتایج مربوط به صدمه به زادآوری با یافته‌های Hosseini (1994) و (Ahmadi (1996) یکسان است و همچنین

تحقیق مشابه تحقیقات قبلی انجام گرفته در این زمینه است که بیان می‌دارد آسیب‌ها به ابتدای تنه یا مجاورت آن وارد می‌شود (Bettinger & Kellogg, 1993; Kovbasa, 1996; Han, 1998; Froese & Han, 2006). در تحقیق‌های Froese & Han (2006) ۶۷ درصد صدمه به ۲ متر اول، Hosseini (1994) ۸۲/۵ درصد زخم‌ها در ۲ متر ابتدائی و Rashidi (1995) ۵۴/۴ درصد زخم‌ها به یک متر اول تنه گزارش شد. هرچند Naghdi (2004) و Nikooy (2007) بیشترین درصد زخم‌ها را در ارتفاع بیش از ۲ متر بیان نمودند. با وجود اینکه نوع ماشین چوبکشی با تحقیق حاضر یکسان است، اما اختلاف قابل توجه در نتایج مربوط به محل زخم بر روی تنه درختان صدمه دیده مربوط به صدمات حاصل از مرحله قطع و انداختن درختان در توده است که منجر به صدمات قابل توجه به ارتفاع بیش از ۲ متر از تنه درخت می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد زخم‌های ایجاد شده در هر درخت در دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند دارای مساحتی بیش از ۵۰۰ سانتی‌متر مربع است که به ندرت بسته می‌شود. همچنین نه تنها مقدار صدمات وارده به درختان در روش گرده‌بینه بلند بیشتر از کوتاه است بلکه اندازه و وسعت صدمه نیز در روش گرده‌بینه بلند بیشتر از روش گرده‌بینه کوتاه است. در توده‌های سوزنی‌برگ، اندازه زخم در درختان صدمه دیده در محدوده ۰/۱۳ تا ۲۹۶۷/۷ سانتی‌متر مربع است (Bettinger & Kellogg, 1993). Froese & Han (2006) نتیجه گرفتند که ۸۴ درصد زخم‌ها در تمام گونه‌ها دارای اندازه‌ای کمتر از ۱۹۴ سانتی‌متر مربع بود. زخم شدن باعث پوسیدگی تنه بوسیله عوامل قارچی شد و به صورت بالقوه منتج به از دست رفتن حجم مورد نظر در آینده خواهد شد (Han & Kellogg, 2000). اگرچه نتایج این تحقیق با یافته‌های Hosseini (1994) و Nikooy (2007) مطابقت ندارد و آنها بیان نمودند که بیشترین درصد زخم‌ها مربوط به مساحت کمتر از ۱۰۰ سانتی‌متر مربع است، اما

(1994)، Naghdi (2004) و Nikooy (2007) است که بیشترین درصد درختان صدمه دیده را در طبقه قطری کمتر از ۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری نمودند. از منظر دیگر، طبقه‌بندی فوق از آن جهت حائز اهمیت است که در توده‌های ناهمسال، درختان جوان و میانسال نقش تعیین کننده در رویش جنگل دارند و در سیستم جنگلداری گزینشی، این درختان سال‌های زیادی در توده باقی می‌مانند تا نقش خود را در توده انجام دهند. بنابراین عوامل ثانویه باعث گسترش صدمات مکانیکی وارد شده به درختان شده و منتج به کاهش رویش و ارزش بالقوه توده‌های جنگلی می‌شوند. نکته‌ای مهم که از برآیند این مبحث استنباط می‌شود این است که در جنگلداری گزینشی، خسارت به درختان و توده سرپا در طول سال‌ها باقی می‌ماند و باعث گسترش آنها می‌شود، اهمیت این موضوع تا آنجاست که با افزایش صدمات بهره‌برداری به توده، مزایای عملیات جنگلداری، در عمل مبدل به ایجاد زیان به توده می‌شود.

در روش گرده‌بینه بلند حدود ۹۹ درصد زخم‌ها در ارتفاع ۱ متر اول تنه درخت قرار دارد. همچنین در روش گرده‌بینه کوتاه حدود ۹۷ درصد زخم‌ها در ارتفاع کمتر از یک متر اتفاق افتاده است. به عبارت دیگر، ثابت بودن ماشین چوبکشی مورد استفاده در هر دو روش سبب تشابه این روند شده است. هرچند در روش گرده‌بینه کوتاه تعداد زخم‌ها در روی ریشه‌ها بیشتر از روش گرده‌بینه بلند است، در مقابل تعداد زخم‌ها در ارتفاع کمتر از ۱ متر در روش گرده‌بینه بلند به مراتب بیشتر از روش گرده‌بینه کوتاه است که دلیل عمده آن بلندتر بودن طول تنه در این روش است که سبب می‌شود تنه در طول مسیر چوبکشی در ارتفاع بلندتری از سطح قرار گیرد و زخم‌ها در ارتفاع بالاتری از تنه پدیدار می‌شود. اهمیت طبقه‌بندی ارتفاع زخم در تنه درخت از آن جهت است که بیشتر زخم‌ها به ۱ متر اول تنه درخت وارد می‌شود که با ارزش‌ترین قسمت درخت است و سبب کاهش ارزش چوب درخت در برداشت‌های بعدی می‌شود. یافته‌های این

بهره‌برداری جنگل به توده سرپا ارائه می‌شود: از آنجا که درصد بالایی از صدمه به توده و زادآوری در اثر عملیات خروج چوب اتفاق می‌افتد، بنابراین تربیت و آموزش کارگران ماهر عملیات چوبکشی بسیار مهم و اساسی است. بهره‌برداری درخت در مرحله چوبکشی باعث ایجاد صدمه و زخم به درختان می‌شود که در مرحله بعد عوامل بیماریزای ثانویه به محل زخم هجوم آورده، ضمن ایجاد پوسیدگی باعث کاهش رویش درخت می‌شود. پیشنهاد می‌شود مطالعاتی راجع به مدت زمان بهم پیوستن پوست درختان گونه‌های مختلف در محل زخم انجام شود و عوامل موثر در ایجاد پوسیدگی درختان بعد از مرحله آسیب دیدگی بررسی شود. نگارندگان امیدوارند که نتایج این بررسی مورد استفاده علاقمندان و مجریان قرار گیرد و این کار در صورت لزوم در سایر طرح‌های جنگلداری شمال کشور مورد استفاده قرار گیرد.

نقدی (۲۰۰۴) یافته است که بیشترین درصد زخم‌ها مربوط به مساحت ۱۰۰-۱۰۰۰ سانتی‌متر مربع است. بنابراین پوسیدگی در زخم‌های با اندازه بزرگتر و عمق و شدت بیشتر، با احتمال بیشتری رخ داده و گسترش می‌یابد و در نهایت سبب کاهش ارزش توده جنگلی در برداشت‌های آینده می‌شود.

همچنین، تعداد زخم‌های بیشتر از یک در روش گرده‌بینه کوتاه کمتر از روش گرده‌بینه بلند است. در روش گرده‌بینه کوتاه درصد درختانی که یک زخم دارند به مراتب بیشتر از روش گرده‌بینه بلند است. (Nikooy و Naghdi (2004) (2007) نیز به نتایج مشابه با این بررسی دست یافتند. در هر دو روش حدود یک‌سوم خسارت به درختان در اثر کشیدن کابل رخ می‌دهد که دلیل اصلی آن عدم رعایت اصول مناسب قطع درخت در جهت تعیین شده و یا انتخاب نامناسب مسیرهای کشیدن کابل است. بررسی شدت زخم‌ها در روش چوبکشی گرده‌بینه بلند نشان می‌دهد ۶۷ درصد از زخم‌ها عمیق با صدمه به کامبیوم و کنده شدن و تخریب لایه کامبیوم بود و در روش گرده‌بینه کوتاه ۹۰ درصد زخم‌ها عمیق بودند. (Froese & Han (2006) نیز نتیجه گرفتند که زخم‌های عمیق^۲، ۴۱ درصد کل زخم‌ها را شامل می‌شود. در هر دو روش چوبکشی گرده بینه بلند و کوتاه، با افزایش فاصله از مرکز مسیر چوبکشی تعداد درختان صدمه دیده کاهش می‌یابد. یافته‌های این تحقیق مشابه نتایج تحقیقات قبلی است (Han, 1998; Froese & Han, 2006). همچنین (Hosseini (1994)، Naghdi (2004) و Nikooy (2007) نتیجه گرفتند که همبستگی قوی بین درصد درختان آسیب دیده و افزایش فاصله از مسیر چوبکشی وجود دارد. بنابراین انتخاب روشی مناسب برای چوبکشی که خسارت به درختان مجاور مسیرهای چوبکشی را حداقل سازد، بسیار مهم و اساسی است. با توجه به نتایج این تحقیق پیشنهادهایی برای بهبود شرایط کار و کاهش میزان اثرات محیط زیستی

منابع

- Ahmadi, H., 1996. Residual stand damage from logging operation. MSc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. 125p.
- Aho, P.E., G. Fiddler, and M. Srago. 1983. Logging damage in thinned, young growth true fir stands in California and recommendations for prevention. USDA For. Serv., PNW For. and Range Exp. Sta. Res. Pap. PNW-RP-304. 8 p.
- Athanassiadis, D., 1997. Residual stand damage following cut-to-length harvesting operations with a farm tractor in two conifer stands. *Silva Fennica*. 31(4): 461-467.
- Benson, R.E. and M.J. Gonsior. 1981. Tree damage from skyline logging in western larch/Douglas-fir stands. International Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, Research Paper INT- 268.15 p.
- Bettinger P., and Kellogg L.D. 1993. Residual stand damage from cut-to-length thinning of second growth timber in the Cascade Range of western Oregon. *Forest Product Journal*. 43(11/12):59-64.
- Department of Forestry and Forest Economic. 1995. First revision of Forest Management Plan for Namkhaneh District in Kheyroud Educational and Research Forest. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. 320 p.
- Etemad, V., 2002. Study of quantitative and qualitative characteristics of beech tree seed in Mazandaran Province. PhD. Thesis, Faculty of Natural Resources. University of Tehran. 258 p.
- Fairweather, S.E. 1991. Damage to residual trees after cable logging in northern hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry*. 8(1): 15-17.
- Fecklin, R.L., J.P. Dyer, B.F. Cutter and T. Draper. 1997. Residual tree damage during selection cuts using two skidding system in the Missouri Ozarks. University of Missouri-Columbia. 64 p.
- Froese, K. and Han-Sup Han. 2006. Residual Stand Damage from Cut-to-Length Thinning of a Mixed Conifer Stand in Northern Idaho. *Western Journal of Applied Forestry*: 21(3): 142-148.
- Han H.S. and L.D. Kellogg. 2000a. Damage characteristics in young Douglas-fir stands from commercial thinning with four timber harvesting systems. *Western Journal of Applied Forestry*. 15(1):1-7.
- Han, H.S., 1998. Damage to young Doglas-fir stand from commercial thinning with various timber harvesting systems and silvicultural prescriptions: characteristics, sampling strategy for assessment and future volume loss. PhD thesis. Department of forest engineering. Faculty of natural resources. Oregon state university. 141 p.
- Han, H.S., and L. D. Kellogg. 2000b. A comparison of sampling methods for measuring residual stand damage from commercial thinning. *Journal of forest engineering*. Vol. 11(1).8 p.
- Heinemann, H. R. 2004. Forest operation under mountainous conditions. In *Encyclopedia of Forest Sciences*, J. Burley, J. Evans, and J. Youngquist, Editors. Elsevier Academic Press: Amsterdam, etc. 279-285.
- Hosseini, S. M., 1994. Study of forest utilization impacts on residual stand in Darabkola Forest management Plan. MSc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modarres. 129 p.
- Kosir, B., 2008. Damage to young forest due to harvesting in shelterwood systems. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 29 (2): 141-153.
- Kovbasa, N.P., 1996. Distribution and spreading of wound rot in Belarus spruce stands and measures to limit the losses. PhD theses. Byelorussian Plant Protection Research Institute, Priluki-Minsk. 148 p.
- Naghdi, R., 2004. Study of optimum road density in tree length and cut to length system. PhD. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modarres.

- Nikooy, M., 2007. Optimizing Production Cost and Damage Reduction to Wood, Trees and Forest by Harvest Planning (Case Study: Asalem Forest District area). PhD Thesis, Natural Resources Faculty, Tehran University. 215p.
- Ostrofsky W.D., R.S., Seymour and C., Lemmin 1986. Damage to northern hardwoods from thinning using whole-tree harvesting technology. Canadian Journal of Forest Research: Vol: 16: 1238-1244.
- Rashidi, R., 1995. Effect of mechanical damages on Beech tree growth. Iranian Journal of Natural Resources. No. 47: 58-70.
- Sessions, J., K. Boston, G. Murphy, M.G. Wing, L. Kellogg, S. Pilkerton, J.C. Zweede, and R. Heinrich. 2007. Harvesting operation in the Tropics. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 170 p.
- Shigo, A.L., 1966. Decay and discoloration following logging wounds on northern hardwoods. USDA Forest Service Research Paper NE- 47 p.
- Sidle, R.C. and Laurent, T.H. 1986. Site damage from mechanized thinning in southeast Alaska. North. J. Appl. For. 3: 94-97.
- Siren, M., 1982. Stand damage in thinning operation with a grapple loader processor. Folia For. 528: 1-16.
- Vasiliauskas, R., 1993. Wound decay of Norway spruce associated with logging injury and bark stripping. Proc. Lithuanian For. Res. Inst. 33: 144-156.
- Vasiliauskas, R., 2001. Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. Forestry. 74 (4): 319-336.
- Youngblood, A., 2000. Damaged to residual trees and advanced regeneration from skyline and forwarding yarding in mixed-conifer stands of northeastern Oregon. Western Journal of Applied Forestry: 15(2):101-107.