

بررسی آثار طولانی مدت صدمات بهره‌برداری بر کیفیت درختان باقی‌مانده در جنگل ناو اسالم گیلان

فرزام توانکار^{۱*}، امیراسلام بنیاد^۲

۱. استادیار علوم جنگل، واحد خلخال، دانشگاه آزاد اسلامی، خلخال، ایران

۲. دانشیار سنجش از دور و بیومتری جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

bonyad@guilan.ac.ir

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۹/۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۷/۱۶

چکیده

در این تحقیق وضعیت زخم‌های ایجادشده در تنه درختان باقی‌مانده در جنگل در اثر قطع و چوب‌کشی پس از گذشت ۱۲ سال در سری یک ناو اسالم گیلان بررسی شد. نتایج نشان داد، از کل زخم‌های بررسی‌شده ۶۷/۱ درصد بسته، ۱۸/۰ درصد باز بدون پوسیدگی، ۱۰/۷ درصد باز با پوسیدگی بودند و فقط ۴/۲ درصد به نابودی درخت منجر شده بودند. عوامل اندازه، شدت و محل زخم‌ها، همچنین قطر برابرسینه درختان صدمه‌دیده در وضعیت زخم‌ها تأثیر معنی‌دار داشتند. ۹۰/۶ درصد زخم‌های کوچک‌تر از ۱۰۰ سانتی‌متر مربع بسته بودند، اما ۵۰ درصد زخم‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۱ سانتی‌متر مربع به پوسیدگی و ۴۰/۹ درصد آن‌ها به نابودی درخت منجر شده بودند. زخم‌های با شدت خراش سطحی به پوسیدگی منجر نشده بودند. فراوانی زخم‌های باز با پوسیدگی در ناحیه کنده و ریشه بیش‌تر از قسمت‌های بالای تنه درختان بود. بیش‌ترین فراوانی زخم‌های بسته‌شده در درختان با قطر برابرسینه ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر و بیش‌ترین فراوانی زخم‌های باز با پوسیدگی در درختان قطورتر از ۸۱ سانتی‌متر مشاهده شد. اکثر درختان نابودشده دارای قطر برابرسینه کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر و دارای زخم‌های عمیق در ناحیه ریشه و کنده بودند. نتایج این تحقیق نشان داد با گذشت زمان صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده افزایش یافته و حدود یک‌سوم زخم‌ها ترمیم نیافته و به پوسیدگی و نابودی درختان منجر شده است. بنابراین، در مدیریت تک‌گزینی به حداقل‌رساندن صدمات بهره‌برداری به درختان باقی‌مانده باید به‌منزله یکی از اهداف اساسی به آن توجه شود.

کلیدواژه

توده باقی‌مانده، جنگل ناو، زخم تنه، شیوه تک‌گزینی، صدمات بهره‌برداری.

۱. سرآغاز

آن، به خصوص در جنگل‌هایی که به شیوه تک‌گزینی مدیریت می‌شوند، در نقاط مختلف دنیا و ایران انجام می‌گیرد (لطفعلیان و همکاران، ۱۳۸۷؛ Whitman, et al., 1997; Seablom and Reed, 2005; Tavankar, et al., 2013). وسعت و شدت صدمات واردآمده بر توده در اثر عملیات بهره‌برداری در جنگل‌های تک‌گزینی به عوامل متعددی بستگی دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به سطح برنامه‌ریزی (Pinard, et al., 1996)، سیستم بهره‌برداری و ماشین‌آلات به کار رفته (حسینی و همکاران، ۱۳۸۰،

جنگل‌های شمال ایران با وسعت حدود ۱ میلیون و ۸۰۰ هزار هکتار، تنها جنگل‌های تجارتي کشورند و به شیوه تک‌گزینی مدیریت می‌شوند (مروی مهاجر، ۱۳۸۵). مدیریت تک‌گزینی با تمام محاسنی که برای جنگل‌های شمال ایران دارد، ناگزیر از صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده در جنگل است (مجنونیان و همکاران، ب) (۱۳۸۸). به علت اهمیت موضوع صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده، مطالعات گسترده‌ای در خصوص کاهش

شده است و توانایی پایداری توده‌های باقی‌مانده را کاهش می‌دهد (Camp, 2002). زخم‌های ایجادشده در درختان از ارزش اقتصادی آن‌ها می‌کاهد و به محل زخم و شدت پوسیدگی بستگی دارد. پایداری درختان در برابر زخم‌های ایجادشده به گونه و اندازه درخت، شدت، اندازه و محل زخم‌های ایجادشده بستگی دارد (Nyland, 1994; Han, et al., 2000). درختان قطور مقاومت بیش‌تری در برابر صدمات بهره‌برداری دارند (Clatterbuck, 2006). ترمیم زخم‌ها در درختان جوان و تندرشد، سریع‌تر از درختان کهنسال و کندرشد است (Han, et al., 2000). زخم‌های نزدیک سطح زمین و عمیق سریع‌تر از سوی قارچ‌ها به آن‌ها حمله می‌شود (Camp, 2002). زخم‌های ریشه درختان، به خصوص اگر عمیق باشند، به شدت از قدرت رویش آن‌ها می‌کاهند (Limbeck-Lilenau, 2003). تحقیقات انجام‌گرفته نشان می‌دهند، در بهره‌برداری با استفاده از سیستم چوب‌کشی زمینی، ۸۰ تا ۹۰ درصد زخم‌ها در ارتفاع کم‌تر از ۲ متر تنه درختان ایجاد می‌شوند (نقدی و همکاران، ۱۳۸۶، جورغلامی و همکاران، ۱۳۹۱، Tavankar, et al., 2013; Solgi and Najafi, 2007). زخم‌های عمیق و بزرگ معمولاً به نابودی درخت منجر می‌شوند (Limbeck-Lilenau, 2003). بر اساس تحقیقات انجام‌گرفته، قارچ‌ها به زخم‌های کوچک‌تر از ۱۰ سانتی‌متر مربع کم‌تر حمله می‌کنند و در زخم‌های بزرگ‌تر از ۱۰ سانتی‌متر مربع، شدت پوسیدگی با بزرگ‌تر شدن اندازه زخم افزایش می‌یابد. قارچ‌ها قادر نیستند به زخم‌های سطحی حمله کنند، همچنین به زخم‌هایی که فقط پوست درخت کنده شده کم‌تر حمله می‌کنند، اما اگر چوب صدمه دیده باشد حمله قارچ‌ها حتمی است (Camp, 2002). نتایج تحقیقات نشان داده‌اند، اکثر زخم‌های ایجادشده در درختان در مرحله چوب‌کشی زمینی عمیق‌تر از پوست است (Tavankar, et al., 2013). نتایج نشان داد، در جنگل‌های سوزنی برگ آمریکا زخم‌های با پهنای کم‌تر از ۱۰ سانتی‌متر پس از گذشت ۸ سال از زمان ایجاد زخم (زمان بهره‌برداری) کاملاً بسته می‌شوند و تمام زخم‌هایی

مجنونیان و همکاران، (الف) ۱۳۸۸، Han and Kellogg, Bertault and Sist, 1997; Sist, (2000) و شدت برداشت (et al., 1998) اشاره کرد. البته شیب و توپوگرافی زمین (Fecklin, et al., 1997; Clatterbuck, 2006)، ساختار توده (Sist, et al., 2003)، تراکم جاده‌ها (Iskandar, et al., 2006) و فصل برداشت (Limbeck-Lilenau, 2003) نیز از عوامل تأثیرگذار به شمار می‌روند. همچنین، در تحقیقات انجام‌گرفته نقش آموزش پرسنل بهره‌برداری در کاهش صدمات بهره‌برداری بر توده باقی‌مانده بسیار مؤثر گزارش شده است (Putz, et al., 2000; Dykstra and Heinrich, 1992). صدمات واردآمده بر درختان باقی‌مانده در جنگل در سیستم بهره‌برداری چوب‌کشی زمینی، ۱۴ درصد در جنگل‌های ناهمسال آمیخته ترکیه (Yilmaz and Akay, 2008)، ۱۷ تا ۲۳ درصد در جنگل‌های سوزنی‌برگ کانادا (Hartsough, 2003)، ۲۲ درصد در جنگل‌های پهن‌برگ آمریکا (Fecklin, et al., 1997) و ۹ تا ۱۵ درصد در جنگل‌های مالزی (Iskandar, et al., 2006) گزارش شده است. از گسترده‌ترین سیستم‌ها و دستگاه‌های بهره‌برداری در جنگل‌های شمال ایران می‌توان به سیستم چوب‌کشی زمینی، اره موتور و ماشین‌های چوب‌کشی چرخ لاستیکی و چرخ زنجیری اشاره کرد (مجنونیان و همکاران، ب) (۱۳۸۸). صدمات واردآمده در سیستم چوب‌کشی زمینی بر درختان باقی‌مانده ۱۳ تا ۲۲ درصد در قسمت‌های مختلف جنگل‌های شمال ایران گزارش شده است (توانکار و همکاران، ۱۳۹۰، نقدی و همکاران، ۱۳۸۷، Nikooy, et al., 2010). در تحقیق انجام‌گرفته در جنگل ناو گیلان گزارش شده که از کل زخم‌های ایجادشده بر تنه درختان باقی‌مانده ۲۵/۶ درصد در مرحله قطع و انداختن و ۷۴/۴ درصد در مرحله چوب‌کشی اتفاق افتاده است (Tavankar, et al., 2013). تحقیقات نشان داده است که به علت حمله آفات، حشرات و قارچ‌ها از طریق زخم‌های ایجادشده بر درختان باقی‌مانده، فراوانی صدمات در بلندمدت افزایش می‌یابد (Han, et al., 2000; Limbeck-Lilenau, 2003). همچنین، صدمات موجب کاهش رویش درختان و توده

و نمودار (بی نام، ۱۳۷۷). این دو پارسل در زمستان ۱۳۷۹ بهره‌برداری تک‌گزینی شدند. شدت بهره‌برداری در پارسل‌های ۳۵ و ۴۲ به ترتیب ۱۴/۷ و ۲۴/۳ متر مکعب در هکتار بود. بهره‌برداری از این پارسل‌ها مانند سایر پارسل‌های این سری به طریق سیستم چوب‌کشی زمینی انجام گرفته است (بی نام، ۱۳۷۹).

۲.۲. روش جمع‌آوری داده‌ها

در این تحقیق عملیات نمونه‌برداری ۲ بار در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۲ در منطقه مورد مطالعه انجام گرفت. در نمونه‌برداری اول، بلافاصله پس از اتمام عملیات بهره‌برداری (اردیبهشت ۱۳۸۰)، فراوانی و شدت صدمات واردآمده بر درختان باقی‌مانده از طریق ۸۰ پلات دایره‌ای ۱۰ آری با فواصل منظم ۱۰۰ در ۱۰۰ متر برداشت شد. داخل قطعات نمونه قطر برابر سینه کلیه درختان (قطر برابر سینه بزرگ‌تر از ۷/۵ سانتی‌متر) و مشخصات زخم‌های تنه (اندازه، محل و شدت) اندازه‌گیری و ثبت شد. موقعیت درختان زخمی شامل آزیموت و فاصله از مرکز قطعات نمونه اندازه‌گیری و روی نقشه توپوگرافی مشخص شد. اندازه زخم‌ها در ۴ کلاس کوچک‌تر از ۲۵، ۲۶ تا ۱۰۰، ۱۰۱ تا ۱۰۰۰ و بزرگ‌تر از ۱۰۰۱ سانتی‌متر مربع، محل زخم‌ها در ۴ محدوده بالای ۲ متر، ۱ تا ۲ متر، کم‌تر از ۱ متر و محدوده ریشه و شدت زخم‌ها در ۳ کلاس خراش سطحی، کنده‌شدن پوست و صدمه به چوب ثبت شدند (توانکار، ۱۳۸۱). در نمونه‌برداری دوم (اردیبهشت ۱۳۹۲) از همان پلات‌های نمونه‌برداری اول استفاده شد سپس، درختان زخمی با استفاده از اندازه‌های آزیموت و فاصله از مرکز قطعات نمونه مجدداً شناسایی و وضعیت زخم‌های آن‌ها بررسی و ثبت شدند. وضعیت زخم‌ها در ۴ شکل بسته، باز بدون پوسیدگی، باز با پوسیدگی و نابودی درخت ثبت شدند (Han, et al., 2000).

۳.۲. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور بررسی ارتباط مشخصات زخم‌ها (اندازه، شدت و محل) و مشخصات درختان زخمی (قطر برابر سینه) با

که پس از ۱۳ سال بسته نشده بودند، همراه با پوسیدگی شدید بودند (Han, et al., 2000). گزارش شده است که ۰/۲ تا ۳/۳ درصد درختان باقی‌مانده در اثر زخم‌های بهره‌برداری در جنگل‌های کانادا نابود می‌شوند (Nyland, 1994). همان‌طور که اشاره شد، اکثر مطالعات انجام‌گرفته در ایران صدمات واردآمده بر توده در اثر اجرای شیوه تک‌گزینی را در کوتاه‌مدت (بلافاصله پس از اتمام عملیات بهره‌برداری) بررسی کرده‌اند. هدف از این تحقیق، بررسی آثار طولانی‌مدت صدمات بهره‌برداری در کیفیت درختان باقی‌مانده در جنگل‌های ناو اسالم گیلان است. تأثیر اندازه، محل و شدت زخم‌های تنه در کیفیت درختان نیز بررسی می‌شوند.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه جنگل سری یک ناو اسالم در حوزه آبخیز شماره ۷ در استان گیلان است. مختصات جغرافیایی حوزه ناو اسالم $48^{\circ} 48' 44''$ تا $48^{\circ} 52' 30''$ طول شرقی و $37^{\circ} 38' 34''$ تا $37^{\circ} 42' 21''$ عرض شمالی است. اقلیم منطقه بر اساس ضریب رطوبت دمارتن در گروه مرطوب قرار دارد. میزان بارش سالانه ۹۲۴ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه در حدود ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد است. از این سری دو پارسل مجاور هم ۳۵ و ۴۲ به ترتیب به وسعت ۳۹ و ۴۱ هکتار به‌منزله منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند. سنگ مادر در این پارسل‌ها از نوع شیست و میکاشیست، تپ خاک در بیش‌تر نقاط قهوه‌ای جنگلی با pH اسیدی (۵/۶ تا ۶/۳)، بافت خاک شنی لومی تا لومی شنی با زهکشی و هوموس مناسب است. این پارسل‌ها در حاشیه جنوبی مرز سری و مجاور جاده جنگلی واقع شده‌اند و محدوده ارتفاعی آن‌ها از ۱۳۵۰ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا و جهت عمومی شیب آن‌ها شمال غربی است. تپ غالب جنگل در این پارسل‌ها راشستان همراه با ممرز است. ساختار توده ناهمسال و سایر گونه‌های درختی به ترتیب بیش‌ترین فراوانی عبارت‌اند از: پلت، شیردار، توسکا

زخم در اندازه بزرگ تر از ۱۰۰۱ سانتی متر مربع ایجاد شده بودند. وضعیت این زخم ها پس از گذشت ۱۲ سال نشان می دهد که از کل زخم های با اندازه کوچک تر از ۲۵ سانتی متر مربع، ۹۰/۶ درصد (۱۱۶ زخم) کاملاً بسته، ۷/۰ درصد (۹ زخم) باز بدون پوسیدگی و ۲/۴ درصد (۳ زخم) باز با پوسیدگی بودند (شکل ۱). زخم های با اندازه ۲۶ تا ۱۰۰ سانتی متر مربع، ۷۰/۵ درصد آن ها (۷۴ زخم) بسته، ۲۷/۶ درصد آن ها (۲۹ زخم) باز بدون پوسیدگی و فقط ۱/۹ درصد آن ها (۲ زخم) باز با پوسیدگی بودند (شکل ۲). در زخم های با اندازه بزرگ تر از ۱۰۱ تا ۱۰۰۰ سانتی متر مربع، فقط ۱۱/۸ درصد (۴ زخم) بسته شده بودند و ۳۵/۳ درصد (۱۲ زخم) باز بدون پوسیدگی، ۴۴/۱ درصد (۱۵ زخم) باز با پوسیدگی و ۸/۸ درصد (۳ زخم) به نابودی درخت منجر شده بودند (شکل ۲). هیچکدام از زخم های بزرگ تر از ۱۰۰۱ سانتی متر مربع بسته نشده بودند و ۵۰ درصد آن ها (۱۱ زخم) باز با پوسیدگی و ۴۰/۹ درصد آن ها (۹ زخم) به نابودی درخت منجر شده بودند (شکل ۲).

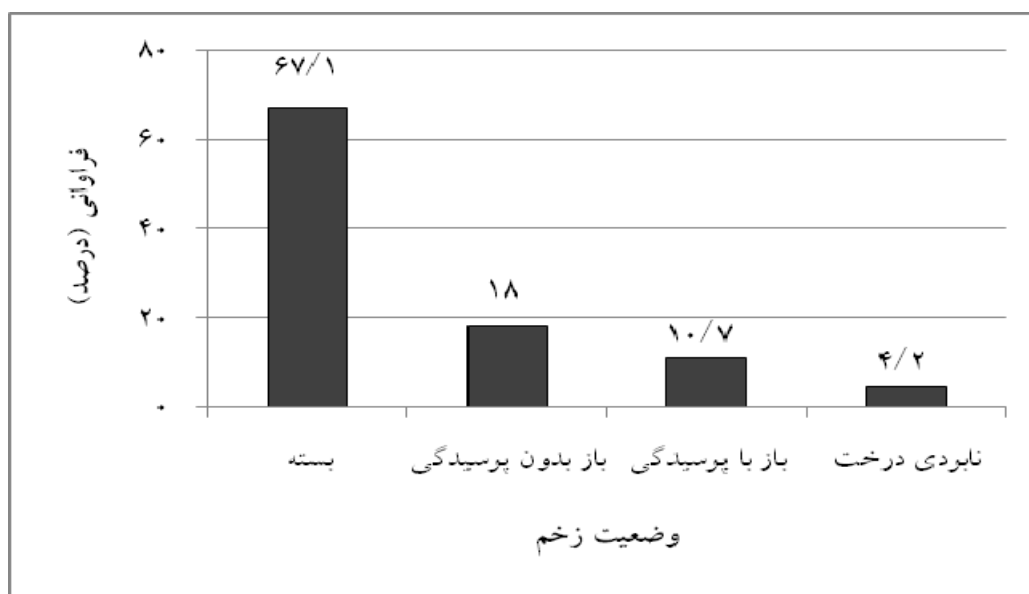
وضعیت زخم ها (بسته، باز بدون پوسیدگی، باز با پوسیدگی و نابودی درخت) از آزمون کای اسکوئر با نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ استفاده شد.

۳. نتایج

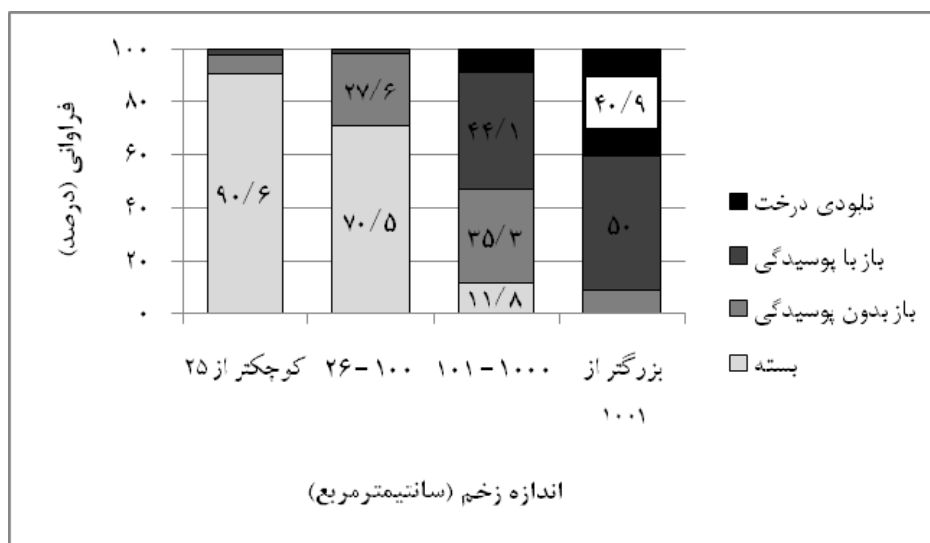
در این بررسی ۲۸۹ زخم تنه درختان بررسی شدند. نتیجه فراوانی وضعیت زخم ها شامل: بسته، باز بدون پوسیدگی، باز با پوسیدگی و نابودی درخت در شکل ۱ نشان داده شده است. این بررسی نشان می دهد که از ۲۸۹ زخم ناشی از صدمات بهره برداری بر تنه درختان باقی مانده در جنگل، ۱۹۴ زخم (۶۷/۱ درصد) بسته، ۵۲ زخم (۱۸/۰ درصد) باز بدون پوسیدگی، ۳۱ زخم (۱۰/۷ درصد) باز با پوسیدگی و ۱۲ زخم (۴/۲ درصد) به نابودی درخت شده منجر بودند.

۱.۳. اندازه زخم

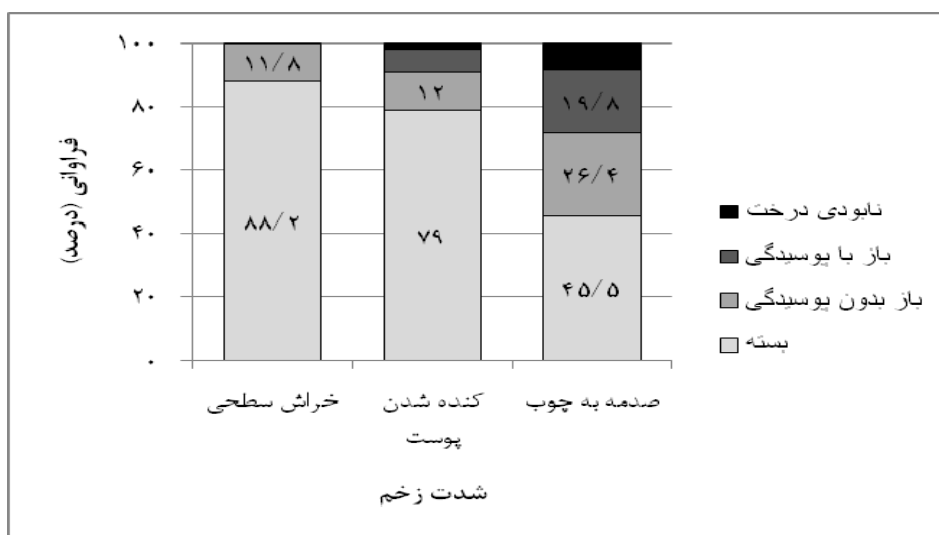
از کل ۲۸۹ زخم بررسی شده در نمونه برداری اول (سال ۱۳۸۰)، ۱۲۸ زخم در اندازه کوچک تر از ۲۵، ۱۰۵ زخم در اندازه ۲۶ تا ۱۰۰، ۳۴ زخم در اندازه ۱۰۱ تا ۱۰۰۰ و ۲۲



شکل ۱. وضعیت زخم های تنه درختان پس از گذشت ۱۲ سال از زمان ایجاد زخم



شکل ۲. وضعیت زخم‌ها در اندازه‌های مختلف



شکل ۳. وضعیت زخم‌ها در شدت‌های مختلف

۲.۳. شدت زخم

زخم‌هایی که با شدت کنده‌شدن پوست ایجاد شده بودند، ۷۹ درصد (زخم ۷۹) بسته، ۱۲ درصد (زخم ۱۲) باز بدون پوسیدگی، ۷ درصد (زخم ۷) باز با پوسیدگی و ۲ درصد (زخم ۲) به نابودی درخت منجر شده بودند. از کل زخم‌هایی که با شدت صدمه به چوب ایجاد شده بودند، ۴۵/۵ درصد (زخم ۵۵) بسته، ۲۴/۶ درصد (زخم ۳۲) باز بدون پوسیدگی، ۱۹/۸ درصد (زخم ۲۴) باز با پوسیدگی و ۸/۳ درصد (زخم ۱۰) به نابودی درخت منجر شده بودند (شکل ۳).

زخم‌های تنه درختان با شدت‌های مختلف ایجاد شده بودند که فراوانی آن‌ها در نمونه‌برداری اول (سال ۱۳۸۰) عبارت بودند از: ۶۸ زخم با شدت خراش سطحی، ۱۰۰ زخم با شدت کنده‌شدن پوست و ۱۲۱ زخم با شدت صدمه به چوب. وضعیت این زخم‌ها پس از گذشت ۱۲ سال در شکل ۳ نشان داده شده است. ۸۸/۲ درصد (۶۰ زخم) از زخم‌های با شدت خراش سطحی بسته شده و ۱۱/۸ آن‌ها (۸ زخم) به صورت باز بدون پوسیدگی بودند.

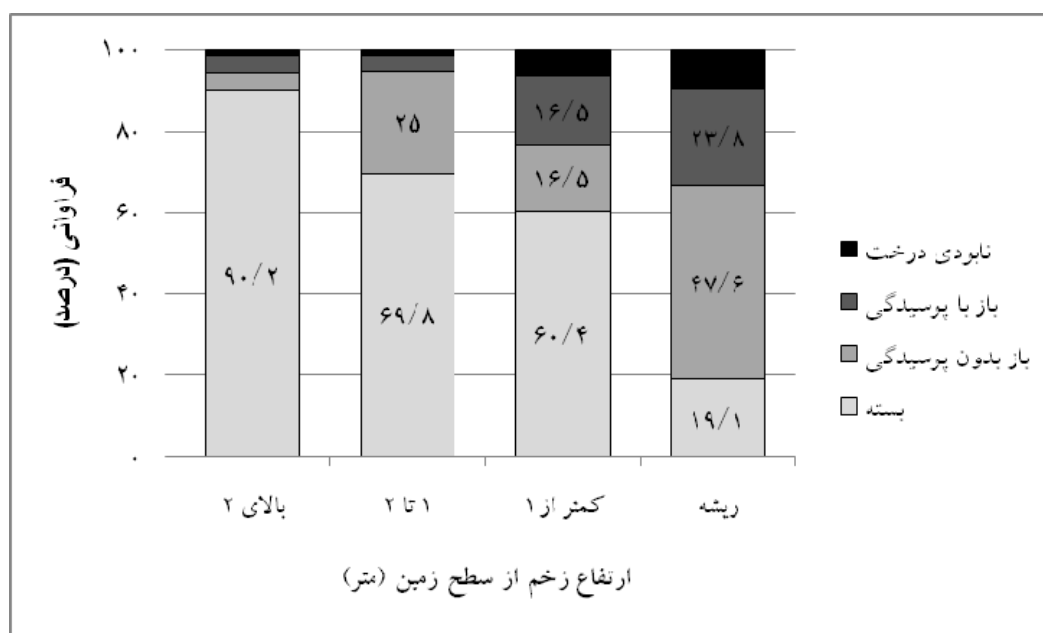
۳.۳. محل زخم

زخم‌های ایجادشده در قسمت‌های مختلف تنه درختان باقی‌مانده دارای فراوانی یکسانی نبودند. به طوری که ۷۱٪ زخم در ارتفاع بالای ۲ متر تنه درختان، ۲۶٪ زخم در ارتفاع ۱ تا ۲ متر، ۱۲۱٪ زخم در ارتفاع کم‌تر از ۱ متر تنه درختان و ۲۱٪ زخم در محدوده ریشه درختان باقی‌مانده ایجاد شده بودند. وضعیت این زخم‌ها پس از گذشت ۱۲ سال در شکل ۴ نشان داده شده است. ۹۰/۲٪ درصد (۶۴٪ زخم) از زخم‌های ایجادشده در بالای ۲ متر تنه و زخم‌های ایجادشده در ناحیه ۱ تا ۲ متر و کم‌تر از ۱ متر به ترتیب ۶۹/۸٪ (۵۳٪ زخم) و ۶۰/۴٪ درصد (۷۳٪ زخم) بسته شده بودند. همچنین، در زخم‌های ایجادشده در ناحیه ریشه درختان، فقط ۱۹/۱٪ درصد آن‌ها (۴٪ زخم) بسته شده بودند و ۴۷/۶٪ درصد (۱۰٪ زخم) باز بدون پوسیدگی، ۲۳/۸٪ درصد (۵٪ زخم) باز با پوسیدگی و ۹/۵٪ درصد (۲٪ زخم) به نابودی درخت منجر شده بودند (شکل ۴).

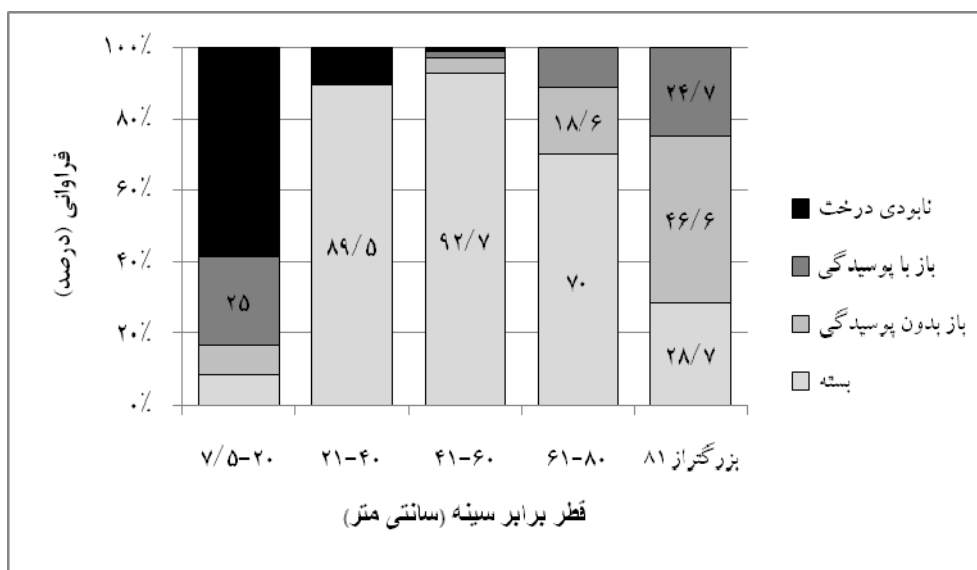
۴.۳. قطر برابر سینه درختان

در تحقیق حاضر قطر برابر سینه درختان زخمی به منزله یکی از عوامل تأثیرگذار در کیفیت درختان بررسی شد. تعداد

۱۲ زخم در درختان با قطر برابر سینه کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر، ۳۸٪ زخم در درختان با قطر برابر سینه ۲۱ تا ۴۰ سانتی‌متر، ۹۶٪ زخم در درختان با قطر برابر سینه ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر، ۷۰٪ زخم در درختان با قطر برابر سینه ۶۱ تا ۸۰ سانتی‌متر و ۷۳٪ زخم در درختان با قطر برابر سینه بزرگ‌تر از ۸۱ سانتی‌متر بلافاصله پس از اتمام عملیات بهره‌برداری ثبت شدند. در نمونه برداری دوم پس از گذشت ۱۲ سال نتایج نشان داد، که ۵۸/۴٪ درصد (۷٪ زخم) از زخم‌های ایجادشده در درختان با قطرهای کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر به نابودی آن‌ها و ۲۵٪ درصد (۳٪ زخم) به پوسیدگی منجر شده بودند (شکل ۵). بیش‌ترین فراوانی زخم‌های بسته‌شده (۹۲/۷٪ درصد، ۸۹٪ زخم) در درختان با قطر برابر سینه ۴۱ تا ۶۰ سانتی‌متر مشاهده شد. هیچ زخمی در درختان با قطر برابر سینه بزرگ‌تر از ۶۱ سانتی‌متر به نابودی آن‌ها منجر نشده بود (شکل ۵). بیش‌ترین فراوانی زخم‌های باز بدون پوسیدگی (۶۶/۶٪ درصد، ۳۴٪ زخم) در درختانی با قطر برابر سینه بزرگ‌تر از ۸۱ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۴. وضعیت زخم‌ها در ارتفاع‌های مختلف از سطح زمین



شکل ۵. وضعیت زخم‌ها در قطرهای مختلف درختان

زخم‌های ایجاد شده روی تنه درختان باقی مانده در اثر عملیات بهره‌برداری به روش چوب‌کشی زمینی پس از گذشت ۱۲ سال در جنگل ناو اسالم گیلان بررسی شد. نتایج نشان داد، با گذشت زمان صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی مانده افزایش یافته و حدود یک سوم زخم‌ها ترمیم نیافته و به پوسیدگی و نابودی درختان منجر شده بودند. ۱۰/۷ درصد از درختان زخمی دارای پوسیدگی و ۴/۲ درصد آن‌ها نابود شده بودند. زخم‌های ایجاد شده روی تنه درختان باقی مانده از ارزش تجاری آن‌ها می‌کاهد (Han, et al., 2000). نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهند، علاوه بر اندازه، شدت و محل زخم‌ها، قطر برابر سینه درختان صدمه‌دیده نیز در وضعیت زخم‌ها تأثیر معنی‌دار دارد. اکثر زخم‌های کوچک‌تر از ۲۵ سانتی متر مربع بسته شده (۹۰/۶ درصد) و هیچ‌کدام به نابودی درخت منجر نشده بودند. زخم‌های بسته شده هرچند التیام یافته‌اند، اما از رویش درختان می‌کاهند (Han, et al., 2000). هر چه اندازه زخم‌ها بزرگ‌تر بود از فراوانی بسته شدن آن‌ها کاسته و به پوسیدگی و نابودی درختان اضافه شده بود. هیچ‌کدام از زخم‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰۰ سانتی متر مربع بسته نشده و اغلب (۹۰/۹ درصد) به پوسیدگی و نابودی درخت منجر شده بودند. زخم‌های با اندازه بزرگ (بزرگ‌تر از ۱۰۰۰

نتایج آزمون کای اسکوئر نشان داد اندازه، شدت و محل زخم‌ها و قطر درختان بر وضعیت زخم (بسته، باز بدون پوسیدگی، باز با پوسیدگی و نابودی درخت) در طولانی‌مدت (۱۲ سال) تأثیر معنی‌دار ($P < 0/01$) دارند (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج آزمون کای اسکوئر تأثیر عوامل مختلف در وضعیت زخم

عوامل	درجه آزادی	مقدار کای اسکوئر	سطح معنی‌داری
اندازه زخم	۹	۲۲۷/۶	۰/۰۰**
شدت زخم	۶	۵۲/۹	۰/۰۰**
محل زخم	۹	۵۰/۲	۰/۰۰**
قطر درخت	۱۲	۲۰۸/۳	۰/۰۰**

** معنی‌دار در سطح $\alpha = 0/01$

۴. بحث

هدف از مدیریت جنگل به شیوه تک‌گزینی، افزایش کمیت و کیفیت درختان و توده همراه با تولید چوب با ارزش و اقتصادی به طور دائم است. این هدف وقتی محقق می‌شود که بهره‌برداری با حداقل صدمات و خسارت به خاک و توده باقی مانده انجام گیرد. در این تحقیق وضعیت

سانتی متر مربع) در مرحله انداختن درختان، در اثر برخورد درخت در حال افتادن با درختان سرپای باقی مانده و در ارتفاع بالای ۲ متر تنه ایجاد می‌شوند (Tavankar, et al., 2013). برنامه ریزی دقیق، ابزار مناسب، مهارت کارگران و داشتن ناظر عملیات قطع از عوامل مهم در اجرای صحیح این مرحله به شمار می‌روند. انداختن درختان در جهت‌های از قبل مشخص شده و آموزش کارگران قطع فراوانی این نوع زخم‌ها را به حداقل کاهش می‌دهد (ارشادی فر و همکاران، ۱۳۹۰، توانکار و همکاران، ۱۳۸۸، Nikooy, et al., 2010). در بسیاری از تحقیقات انجام گرفته، قطع هدایت شده درختان، راهکار مناسب به منظور کاهش صدمات واردآمده بر توده باقی مانده گزارش شده است (Sist, et al., 1998). در این روش قطع (قطع هدایت شده)، درختان نشانه گذاری شده در جهتی انداخته می‌شوند که علاوه بر کاهش صدمات واردآمده بر توده باقی مانده و خسارت به تنه درخت انداخته شده، مراحل بعدی عملیات بهره برداری نیز راحت تر انجام می‌گیرد و از صدمات بی مورد و قابل اجتناب مخصوصاً در مرحله جمع آوری جلوگیری می‌شود (Pinard, et al., 1995; Putz, et al., 2000; Sist, et al., 2003). در تحقیق انجام گرفته در جنگل خیرود گزارش شده که زمان قطع در روش هدایت شده بیش تر از زمان قطع در روش معمول بوده است و به تبع آن هزینه های تولید افزایش می‌یابد (ریزوندی و جورغلامی، ۱۳۹۱). قطع هدایت شده درختان هر چند موجب افزایش هزینه ها می‌شود، این هزینه ها با افزایش بازدهی عملیات چوب کشی، کاهش صدمات به توده باقی مانده و کاهش ضایعات جبران خواهند شد (Dykstra and Heinrich, 1992). در تحقیق انجام گرفته در جنگل ناو اسالم گزارش شده است که کارگران قطع موفق به قطع هدایت شده نبودند و اجرای صحیح این کار به آموزش کافی نیاز دارد (ارشادی فر و همکاران، ۱۳۹۰). از کل زخم های بررسی شده در تحقیق حاضر ۶۷/۱ درصد آن‌ها بسته شده بودند. زخم های باز در آینده به پوسیدگی منجر خواهند شد (Han, et al., 2000). نتایج نشان دادند، با افزایش شدت صدمات از فراوانی زخم های بسته شده

کاسته می‌شود و زخم های باز، پوسیدگی و نابودی درخت را افزایش می‌دهند. این نتایج همسو با نتایج تحقیقات (Limbeck- Han, et al., 2000), Nyland (1994), Lilenau (2003) است. تحقیقات انجام گرفته نشان داده است که اکثر زخم های شدید (صدمه به چوب) در اندازه های کوچک (کوچک تر از ۱۰۰ سانتی متر مربع)، در مرحله چوب کشی و در اثر برخورد گرده بینه و کابل وینچ با تنه درختان باقی مانده ایجاد می‌شوند (Akay, et al., 2006; Tavankar, et al., 2013). زخم های با شدت خراش سطحی پوست اکثراً در مرحله انداختن و در قسمت های بالای تنه درختان باقی مانده ایجاد می‌شوند (توانکار و همکاران، ۱۳۸۹)، در صورتی که زخم های شدید اکثراً در ناحیه کنده درختان ایجاد می‌شوند (جورغلامی و همکاران، ۱۳۹۱; Solgi and Najafi, 2007). نتایج این تحقیق نشان دادند، ۵۵/۵ درصد از زخم های شدید (صدمه به چوب) ترمیم نمی‌شوند و در آینده به پوسیدگی یا نابودی درخت منجر خواهند شد. در مجموع نتایج تحقیق حاضر بیانگر این موضوع است که هر چه زخم‌ها دارای اندازه بزرگ تر و عمق بیشتری باشند، نسبت به هجوم عوامل بیماری زای ثانویه و در نتیجه پوسیدگی با گذشت زمان مستعدترند. همچنین، نتایج نشان دادند، هر چه زخم های ایجاد شده در ناحیه پایین تنه درختان باقی مانده ایجاد شوند احتمال ترمیم آن‌ها کم تر و احتمال پوسیدگی و نابودی درختان بیش تر است. این نتایج همسو با نتایج تحقیقات (Han, et al., 2000; Camp, 2002) است. اکثر زخم هایی که در ارتفاع کم تر از ۱ متر تنه و ناحیه ریشه درختان ایجاد می‌شوند در مرحله چوب کشی اتفاق می‌افتد (Tavankar, et al., 2013). برای جلوگیری از ایجاد این زخم‌ها یا کاهش شدت آن‌ها می‌توان محدوده کنده درختانی را که تنه‌ها یا گرده بینه‌ها از میان آن‌ها کشیده خواهند شد با مواد پلاستیکی یا پارچه های ضخیم پوشش داد (Han and Kellogg, 2000)؛ مخصوصاً درختان با ارزش مادری و درختانی که پوست نازک دارند. قابلیت ترمیم پذیری زخم‌ها در درختان با قطر برابر سینه ۴۱ تا ۶۰ سانتی متر بیش تر از درختان با سایر قطر هاست. درختان

از جنگل خارج می‌شوند. بنابراین، باید در حمل سستی ضایعات قطع و تبدیل محاسبه شوند تا معلوم شود که ضایعات این شیوه بر کم تر بودن آسیب دیدگی توده جنگل برتری دارد یا خیر؟ (مجنونیان و همکاران، (الف) ۱۳۸۸). همچنین، صدمات واردآمده بر درختان باقی‌مانده در سیستم کابل هوایی نیز کم تر از سیستم چوب‌کشی زمینی گزارش شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۸۰). البته هزینه‌های استفاده از کابل‌های هوایی بسیار گران‌تر از سیستم‌های چوب‌کشی زمینی اند (ساریخانی، ۱۳۸۷). در مقایسه دو روش بینه‌بری نیز نتایج تحقیق انجام‌گرفته در جنگل خیرود نشان می‌دهد که روش بهره‌برداری گرده‌بینه کوتاه در مقایسه با روش گرده‌بینه بلند صدمات کم‌تری به توده وارد می‌کند (جورغلامی و مجنونیان، ۱۳۸۹). در تحقیق آن‌ها اشاره شده است که در هر دو روش حدود یک سوم صدمات در مرحله کشیدن کابل اتفاق می‌افتد و دلیل اصلی آن رعایت نکردن اصول مناسب قطع درخت در جهت تعیین شده یا انتخاب نامناسب مسیرهای کشیدن کابل است. در اثر صدمات بهره‌برداری رویش درختان زخمی، میزان رویش توده کاهش می‌یابد (Nyland, 1994; Ficklin, et al., 1997). اجرای ۴ دهه بهره‌برداری از جنگل‌های شمال ایران و کاهش حجم سرپای آن‌ها موجب شده است که امروزه به مقدار بسیار کم‌تری از رویش این جنگل‌ها برداشت شود. بنابراین، در اجرای مدیریت پایدار این جنگل‌ها، ضرورت برنامه‌ریزی دقیق به منظور کاهش صدمات بهره‌برداری بر توده باقی‌مانده بیش‌تر از گذشته است. با برنامه‌ریزی دقیق و اجرای صحیح مراحل بهره‌برداری می‌توان هزینه‌ها، ضایعات چوب و صدمات زیست‌محیطی را به حداقل کاهش داد.

۵. نتیجه‌گیری

جنگل‌های تجارتي ایران محدود به جنگل‌های شمال است. حفاظت از این جنگل‌های باارزش مهم‌ترین هدف مدیریت است. صدمات بهره‌برداری بر توده باقی‌مانده در دوره‌های ۱۰ ساله در این جنگل‌ها درخور توجه است. کاهش

کم‌قطر و جوان (قطر برابر سینه کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر) تحمل کم‌تری در برابر صدمات بهره‌برداری دارند و اکثر زخم‌ها (۵۸/۴ درصد) در این درختان به نابودی آن‌ها منجر می‌شود. علت اینکه زخم‌ها در قطرهای کوچک سبب نابودی درخت می‌شوند، بزرگی نسبت سطح زخم به سطح باقی‌مانده تنه درخت است. در جنگل‌های کانادا گزارش شده است که ۱۵ درصد از درختان زخمی با قطر برابر سینه کم‌تر از ۱۵ سانتی‌متر نابود می‌شوند (Nyland, 1994). چوب‌کشی نکردن از میان توده‌های جوان و تجدیدحیات‌یافته صدمات بهره‌برداری را کاهش خواهد داد (توانکار و همکاران، ۱۳۸۹). در جنگل‌های تک‌گزینی مالزی با آموزش کارگران قطع، انداختن درختان در جهت‌های تعیین‌شده و چوب‌کشی درختان از محل‌های مناسب صدمات بهره‌برداری بر درختان باقی‌مانده را ۴۰ درصد کاهش دادند (Pinard, et al., 1995). استفاده از سیستم‌های مختلف بهره‌برداری جنگل آثار متفاوتی بر توده جنگل خواهند داشت و مطالعاتی در این زمینه در جنگل‌های شمال ایران انجام گرفته است. جورغلامی و مجنونیان (۱۳۸۹) آثار حمل چوب به روش سنتی (حمل با قاطر) را در جنگل خیرود مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که ۲۲ درصد از تجدیدحیات جنگل در اثر حمل سستی خسارت دیدند و نکته درخور توجه این بود که در اثر این شیوه حمل چوب، هیچ‌گونه صدمه به درختان سرپا مشاهده نشد. در تحقیق Ficklin و همکاران (۱۹۹۷) نیز مقدار صدمات واردآمده بر توده باقی‌مانده در اثر چوب‌کشی با حیوانات کم‌تر از چوب‌کشی با ماشین‌های چوب‌کشی چرخ لاستیکی گزارش شده است. همچنین، مجنونیان و همکاران ((الف) ۱۳۸۸) در تحقیقی صدمات حمل سنتی به توده را در جنگل‌های رویان مطالعه و با مقایسه نتایج سایر محققان نتیجه‌گیری کردند که حمل چوب به روش سنتی خسارت کم‌تری نسبت به چوب‌کشی از طریق ماشین‌های چوب‌کشی بر درختان باقی‌مانده در جنگل می‌گذارد. البته نکته درخور توجه این است که در حمل سنتی به علت توان محدود و کم حیوانات مورد استفاده (قاطر) تنه درختان قطع‌شده تبدیل و به شکل الوار

- داشتن ناظر عملیات قطع و چوب‌کشی؛
 - قطع درختان از حداقل ارتفاع و انداختن آن‌ها در مسیرهای تعیین شده؛
 - قطع شاخه‌ها و امتداد ریشه‌های درختان انداخته شده قبل از کشیدن آن‌ها؛
 - محدود کردن مسیرهای جمع آوری به نقاط خالی از درختان و چوب‌کشی نکردن از میان توده‌های جوان و تجدیدحیات یافته؛
 - ارزیابی صدمات واردآمده بر توده پس از اتمام عملیات بهره‌برداری و در فواصل دوره‌ای منظم؛
 - شناسایی درختان زخمی شده با شدت زیاد و برداشت آن‌ها در اولین دوره بعدی و باقی گذاشتن درختان نابود شده به منظور زیستگاه حیات وحش؛
 - ارزیابی زیست‌محیطی پیمانکاران بهره‌برداری و در اولویت قراردادن پیمانکارانی که مسائل زیست‌محیطی را بیشتر رعایت می‌کنند.

صدمات بهره‌برداری بر توده باقی مانده در مدیریت تک‌گزینی به سازماندهی مناسب عملیات خروج چوب از جنگل نیاز دارد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در مدیریت جنگل‌های شمال ایران به شیوه تک‌گزینی، کاهش فراوانی و شدت صدمات واردآمده بر توده باید همواره به منزله موضوع مهم و اساسی در نظر گرفته شود. به منظور کاهش صدمات واردآمده بر توده باقی مانده در اثر عملیات قطع و چوب‌کشی در منطقه تحت بررسی موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- طراحی و احداث استاندارد جاده‌ها و مسیرهای چوب‌کشی بر اساس شیوه مدیریت تک‌گزینی؛
 - محدود کردن عملیات قطع و تبدیل و چوب‌کشی به زمستان؛
 - آموزش و بازآموزی کارگران قطع و تبدیل؛
 - استفاده از ابزار و آلات مناسب در قطع و انداختن درختان؛

منابع

- ارشادی‌فر، م؛ نیکوی، م؛ نقدی، ر. ۱۳۹۰. «ارزیابی توانایی گروه‌های قطع در اجرای قطع هدایت‌شده در جنگل‌های غرب استان گیلان»، مجله جنگل ایران، سال سوم، شماره ۳، صص ۱۶۹-۱۷۶.
- بی‌نام. ۱۳۷۹. صورت مجلس درختان نشانه‌گذاری شده، اداره منابع طبیعی اسالم.
- بی‌نام. ۱۳۷۷. طرح جنگل‌داری سری یک ناو اسالم. اداره منابع طبیعی اسالم.
- توانکار، ف؛ بنیاد، ا؛ مجنونیان، ب. ۱۳۹۰. «صدمات واردآمده بر توده باقی مانده در اثر قطع تک‌گزینی و چوب‌کشی زمینی در جنگل‌های شمال ایران (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ناو اسالم)»، مجله محیط‌شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۳، صص ۸۹-۹۸.
- توانکار، ف؛ بنیاد، ا؛ مجنونیان، ب؛ ایران‌پرست بداغی، ا. ۱۳۸۹. «مطالعه صدمات و مشخصات زخم‌های تنه درختان باقی مانده در اثر بهره‌برداری به روش چوب‌کشی زمینی (مطالعه موردی: جنگل ناو اسالم)»، مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، سال هفدهم، شماره ۲، صص ۵۷-۷۲.
- توانکار، ف؛ مجنونیان، ب؛ بنیاد، ا. ۱۳۸۸. «بررسی آثار بهره‌برداری در زادآوری و فشردگی خاک جنگل در سیستم چوب‌کشی زمینی (مطالعه موردی: جنگل ناو اسالم استان گیلان)»، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال چهل و هشتم، شماره ۳، صص ۴۴۹-۴۵۷.
- توانکار، ف. ۱۳۸۱. «بررسی آثار بهره‌برداری در خاک و توده جنگل»، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران.
- جورغلامی، م؛ مجنونیان، ب. ۱۳۸۹. «روش سنتی بهره‌برداری از جنگل‌های شمال، ارزیابی آثار به توده و خاک جنگل (مطالعه موردی: جنگل خیرود)»، مجله جنگل ایران، سال دوم، شماره ۳، صص ۲۲۱-۲۲۹.

- جورغلامی، م؛ ریزوندی، و؛ مجنونیان، ب. ۱۳۹۱. «وسعت، الگو، اندازه و توزیع صدمه به درختان در اثر عملیات چوب‌کشی (مطالعه موردی: جنگل خیرود)»، *مجله جنگل ایران*، سال چهارم، شماره ۳، صص ۱۸۷-۱۹۶.
- حسینی، س. م؛ مجنونیان، ب؛ نمیرانیان، م. ۱۳۸۰. «بررسی صدمات بهره‌برداری در دو سیستم چوب‌کشی مکانیزه (کابل هوایی و زمینی) بر تنه درختان باقی‌مانده در جنگل‌های شمال ایران»، *مجله منابع طبیعی ایران*، سال پنجم و چهارم، شماره ۱، صص ۲۳-۲۹.
- ریزوندی، و؛ جورغلامی، م. ۱۳۹۱. «مقایسه تولید و هزینه قطع درخت با ااره موتوری در دو روش مرسوم و هدایت‌شده (مطالعه موردی: جنگل خیرود)»، *مجله جنگل ایران*، سال اول، شماره ۱، صص ۱-۱۱.
- ساریخانی، نصرت‌ا... ۱۳۸۷. *بهره‌برداری جنگل*، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- لطفعلیان، م؛ پارساخو، ا؛ مجنونیان، ب. ۱۳۸۷. «روشی در برآورد ریالی صدمات بهره‌برداری جنگل بر توده و زادآوری (مطالعه موردی: سری‌الندان و واستون)»، *مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، سال دهم، شماره ۲، صص ۵۱-۶۱.
- مجنونیان، ب؛ تشکری، م؛ مروی مهاجر، م. ر؛ کیوان به‌جو، ف، (الف). ۱۳۸۸. «بررسی صدمات ناشی از بهره‌برداری سنتی به درختان سرپا در شیوه تدریجی - پناهی (مطالعه موردی: جنگل رویان)»، *مجله جنگل ایران*، سال اول، شماره ۳، صص ۱۸۷-۱۹۵.
- مجنونیان، ب؛ جورغلامی، م؛ زبیری، م؛ فقهی، ج، (ب). ۱۳۸۸. «ارزیابی صدمات بهره‌برداری به زادآوری و توده‌های سرپا (مطالعه موردی: بخش نمخانه جنگل خیرود)»، *مجله علوم محیطی*، سال هفتم، شماره ۱، صص ۳۳-۴۴.
- مروی مهاجر، م. ر. ۱۳۸۵. *جنگل‌شناسی و پرورش جنگل*، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- نقدی، ر؛ رأفت‌نیا، ن؛ باقری، ا؛ همتی، و. ۱۳۸۷. «ارزیابی خسارت واردآمده به درختان باقی‌مانده در حفره‌های قطع و مسیرهای خروج چوب در شیوه تک‌گزینی (مطالعه موردی: جنگل لونک سیاهکل)»، *فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، سال شانزدهم، شماره ۱، صص ۸۷-۹۸.
- نقدی، ر؛ باقری، ا؛ طاهری آبکنار، ک؛ عاکف، م. ۱۳۸۶. «ارزیابی خسارت به توده سرپا (درختان و زادآوری) ناشی از اجرای روش بهره‌برداری گرده‌بینه در حوزه شفارود گیلان»، *نشریه دانشکده منابع طبیعی*، سال ششم، شماره ۳، صص ۹۳۱-۹۴۷.
- Akay, A. E., Yilmaz, M. and Tonguc, F. 2006. Impact of mechanized harvesting machines on forest ecosystem: residual stand damage. *Journal of Applied Sciences* 6(11): 2414-2419.
- Bertault, J. and Sist, P. 1997. An experimental comparison of different harvesting intensities with reduced impact and conventional logging in east Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management* 94(1): 209-218.
- Camp, A. 2002. Damage to residual trees by four mechanized harvest systems operating in small-diameter, mixed conifer forests on steep slopes in northeastern Washington: A case study. *Western Journal of Applied Forestry* 17(1): 14-22.
- Clatterback, K. W. 2006. Logging damage to residual trees following commercial harvesting to different overstory retention levels in a mature hardwood stand in Tennessee. *Conference Proceedings, The 13th biennial southern silvicultural research conference, U.S.A.*
- Dykstra, D. A. and Heinrich, R. 1992. Sustaining tropical forest through environmentally sound timber harvesting practices. *Unasyuva* 139: 237-255.
- Fecklin, R. L., Dyer, J. P., Cutter, B. F. and Draper, T. 1997. Residual tree damage during selection cuts using two skidding system in the Missouri Ozarks, University of Missouri-Columbia.
- Han, H. S. and Kellogg, L. D. 2000. Damage characteristics in young Douglas-fir stand from commercial thinning with four Timber harvesting systems. *Western Journal of Applied Forestry* 15(1): 1-7.

- Han, H. S., Kellogg, L. D., Filip, G. M. and Brown, T. D. 2000. Scar closure and future timber value losses from thinning damage in western Oregon. *Forest Products Journal* 50(1): 36-42.
- Hartsough, B. 2003. Economics of harvesting to maintain high structural diversity and resulting damage to residual trees. *Western Journal of Applied Forestry* 18(2): 133-142.
- Iskandar, H., Snook, L. K., Toma, T., MacDicken, K. G. and Kanninen, M. 2006. A comparison of damage due to logging under different forms of resource access in East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management* 237(3): 83-93.
- Limbeck-Lilenau, B. 2003. Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. Conference Proceedings, High tech forest operations for mountainous terrain. Sclaegl, Austria.
- Nikooy, M., Rashidi, R. and Kocheiki, G. 2010. Residual trees injury assessment after selective cutting in broadleaf forest in Shafaroud. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 8(2): 173-179.
- Nyland, R. D. 1994. Careful Logging in Northern Hardwoods. PP. 29-51. In: Rice, J. A. (Eds.), *Logging damage: the problems and practical solutions*. Ont. Minist. Natural Resources, Forest Research Report.
- Pinard, M. A. and Putz, F. E. 1996. Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica* 28(3): 278-295.
- Pinard, M. A., Putz, F.E., Tay, J. and Sullivan, T. E. 1995. Creating timber harvesting guidelines for a reduced impact logging project in Malaysia. *Journal of Forestry* 39(10): 41-45.
- Putz, F. E., Dykstra, D. P. and Heinric, R. 2000. Why poor logging practices persist in the tropics. *Journal of Conservation Biology* 14(4): 951-956.
- Seablom, T. J. and Reed, D. D. 2005. Assessment of factors contributing to residual tree damage from mechanized harvesting in northern hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry* 22(2): 124-131.
- Sist, P., Nolan, T., Bertault, J. and Dykstra, D. P. 1998. Harvesting intensity versus sustainability in Indonesia. *Forest Ecology and Management* 108(3): 251-260.
- Sist, P., Sheil, D., Kartawinata, K. and 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.
- Solgi, A. and Najafi, A. 2007. Investigation of residual tree damage during ground- based skidding. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(10): 1755-1758.
- Tavankar, F., Majnounian, B. and 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.
- Whitman, A., Brokaw, N. and Hagan, H. 1997. Forest damage caused by selection logging of mahogany in northern Belize. *Forest Ecology and Management* 92(1): 87-96.
- Yilmaz, M. and Akay, A. 2008. Stand damage of a selection cutting system in an uneven aged mixed forest of Cimendagi in Kahramanmarz-Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* 2(1): 77- 82.