Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol, 11. Issue 2, 2023 p: 110-119

OPEN ACCESS

Research Paper

Investigating the Damages to the Trees due to the Traffic of Off-Road Vehicle in the Northern Forests of Iran

Rasol Mahmoudi[1], Mehran Nasiri[2] and Maryam Asadian[3]

1- M.Sc. Student, Department of Forest Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
2- Assistant Professor, Department of Forest Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran (Corresponding Author: me.nasiri66@gmail.com)
3- Ph.D., Department of Forest Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Received: 5 March, 2023 Accepted: 22 May, 2023

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]

[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]

Extended Abstract

Background: In contemporary society, off-road vehicles have gained popularity for both nature tourism and competitive events, establishing off-road riding as a recognized sport. However, the influx of multiple vehicles into forested areas, coupled with a general lack of awareness regarding environmental factors, has led to significant damage to the soil and vegetation surrounding these routes. This study aims to investigate the effects of off-road vehicle traffic on trees adjacent to these roads, focusing on various parameters such as wound area, wound depth, the specific location of wounds on the trunk or roots, and the causes of injury attributed to different factors. By understanding these impacts, we can better assess the ecological consequences of off-road activities and develop strategies to mitigate harm.

Methods: The research was conducted within the Hajikla-Tirankali (Mianshe) forestry plan. To effectively examine the impact of off-road vehicles, both an off-road path and a control plot (located outside the off-road route) were established. The study aimed to analyze the effects of off-road vehicle traffic on the surrounding trees, taking into account the extent of wounding and the slope gradient of the terrain. Data were collected on wound characteristics, including depth and area, as well as the specific locations of injuries on the trees. The analysis also involved measuring the slope gradient to assess its influence on the severity of tree damage.

Results: The findings revealed distinct patterns regarding tree damage in relation to proximity to the road. Trees located closer to the road exhibited greater wound depths compared to their wound areas. Conversely, trees positioned further away from the road showed a larger wound area relative to wound depth. Specifically, at a distance of 50 cm from the road, the average wound depth was recorded at 2.55 cm. At 100 cm from the road, this depth decreased to 1.2 cm, while at a mere 15 cm distance, the wound depth measured at 1.7 cm. In terms of the location of damage, the results indicated that 12% of wounds occurred from the soil horizon to the collar of the trees, while 56% were found from the collar to one meter in height on the trunk. Additionally, 32% of the wounds were located between one meter and two meters in height. The most significant damage was recorded in the region from the collar to one meter above the trunk, whereas the least damage occurred from the soil horizon to the tree collar. The study also identified the primary causes of tree injuries. Damage from collisions between the vehicle body or wheels and the tree trunk accounted for 42% of the injuries. Collisions involving the roof or crown of the vehicle with the tree represented 30% of the damage, while wounds caused by winch wire cuts contributed to 16%. Lastly, root wounds resulting from tire wear constituted 12% of the total injuries. Furthermore, it was observed that both the depth and area of wounds increased with steeper longitudinal slopes. For instance, the average

Copyright ©2023 Mahmoudi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

wound depth recorded at a 7% slope was 1 mm, which significantly increased to 3.4 mm at a 20% slope.

Conclusion: Given the official recognition of off-road activities as a sport, it is unlikely that these practices can be entirely eliminated. However, through education and increased awareness of environmental considerations, the extent of damage to forest ecosystems can be mitigated. Implementing fixed and engaging tracks for off-road vehicles, alongside stringent measures to prevent unauthorized access to sensitive forest areas, represents a practical approach to preserving the integrity of these environments. By fostering a culture of respect for nature among off-road enthusiasts and promoting responsible driving practices, we can help ensure the sustainability of forest ecosystems while still allowing for recreational use. Future research should focus on developing comprehensive management plans that balance the enjoyment of off-road activities with the need to protect and conserve natural habitats.

Keywords: Damage, Land Rover, Nature tourism, Wheel tracks, Winch, Wounds

How to Cite This Article: Mahmoudi, R., Nasiri, M., & Maryam, A. (2023). Investigating the Damages to the Trees due to the Traffic of Off-Road Vehicle in the Northern Forests of Iran. *Ecol Iran For*, 11(2), 110-119. https://doi.org/10.61186/ifej.11.22.101

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

بررسی صدمات وارد شده به تنه درختان بر اثر تردد خودروهای بیراهه‌نوردی (آفرود) در جنگل‌های شمال ایران

رسول محمودی[۱]، مهران نصیری[۲] و مریم اسدیان[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران (نویسنده مسوول: me.nasiri66@gmail.com)
۳- دانش‌آموخته دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱
صفحه: ۱۱۰ تا ۱۱۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: امروزه از ماشین‌های بیراهه‌نوردی (آفرود) به‌جز طبیعت‌گردی برای مسابقه نیز استفاده می‌شود. در واقع بیراهه‌نوردی نوعی ورزش شناخته می‌شود. هجوم هم‌زمان چندین خودرو به طبیعت بکر جنگلی و عدم اطلاع از عوامل زیست‌محیطی سبب تخریب خاک و پوشش گیاهی مناطق اطراف مسیر تردد می‌شود. لذا هدف اصلی پژوهش حاضر بررسی اثر تردد خودروهای بیراهه‌نوردی بر درختان اطراف مسیر از نظر مساحت زخم، عمق زخم، محل زخم ایجاد شده در تنه یا ریشه، علت آسیب دیدگی و میزان آسیب‌رسانی هریک از عوامل می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در قطعه ۱۵ سری چهار طرح جنگلداری حاجی‌کلا تیرانکلی (میانشه) انجام شد. به‌همین منظور مسیر آفرود (بدون تردد اسکیدرها) در نظر گرفته شد. اثر تردد ماشین‌های آفرود بر درختان اطراف مسیر از نظر تعداد درختان صدمه دیده، محل زخم ایجاد شده در تنه یا ریشه، مساحت زخم و عمق زخم، علت و نحوه آسیب به درختان اطراف مسیر و تأثیر شیب بر میزان آسیب مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد برای درختانی که نزدیک به مسیر هستند، نوع صدمه به‌صورت نقطه‌ای و با عمق زیاد است و هرچه فاصله از مسیر بیشتر شود عمق ضربه کم ولی مساحت آسیب‌دیده بیشتر می‌شود. عمق زخم در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از مسیر تردد، ۲/۵۵ سانتی‌متر، در فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری از مسیر، ۲/۱ سانتی‌متر و در فاصله ۱۵۰ سانتی‌متری از مسیر، عمق زخم ۱/۷ سانتی‌متر بود. صدمه وارده به درختان حاشیه مسیر بر اثر تردد آفرود از نظر محل آسیب‌دیدگی، از سطح زمین تا یقه درخت ۱۲٪، از محل یقه تا ارتفاع یک متری تنه درخت ۵۶٪ و از ارتفاع یک تا دو متری درخت ۳۲٪ می‌باشد. لذا بیشترین میزان آسیب‌دیدگی درختان بر اثر تردد آفرود در محل یقه تا ارتفاع یک‌متری تنه درخت و کمترین میزان آسیب‌دیدگی در قسمت افق خاک تا سطح یقه درخت می‌باشد. همچنین میزان آسیب وارده به درختان حاشیه مسیر بر اثر تردد آفرود، بر اثر برخورد بدنه و چرخ خودرو با تنه ۴۲ درصد، برخورد سقف یا تاج خودرو با درخت ۳۰ درصد، زخم به‌دلیل بریدگی توسط سیم وینچ ۱۶ درصد و زخم ریشه بر اثر سایش تایر ۱۲ درصد می‌باشد. با افزایش شیب طولی، عمق و مساحت زخم افزایش یافته است. میانگین عمق زخم در شیب هفت درصد، یک میلی‌متر ثبت شد که این میزان در شیب ۲۰ درصد به ۳/۴ میلی‌متر افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری: با توجه به رونق تورهای آفرود در کشور که به‌عنوان یک ورزش رسمی نیز ثبت شده است، نمی‌توان از برگزاری آن جلوگیری کرد، اما می‌توان با راه‌کارهای درست که مهم‌ترین آن آموزش افراد است خطرات آن را برای طبیعت کاهش داد. همچنین با سازماندهی مناسب و تعیین مسیرهای مشخص برای تردد آفرود، می‌توان از صدماتی نظیر آسیب به توده جنگلی، زادآوری و درختان سرپا و همچنین فشردگی خاک جلوگیری کرد.

واژه‌های کلیدی: آسیب، رد چرخ، زخم، طبیعت‌گردی، لندروور، وینچ

مقدمه

امروزه از آفرودها به‌جز طبیعت‌گردی برای مسابقه نیز استفاده می‌شود. در واقع آفرودسواری به‌عنوان نوعی ورزش هم شناخته شده است (Assaeed et al., 2019). تب آفرود و هجوم همزمان چندین خودرو به طبیعت بکر جنگلی و عدم اطلاع از عوامل زیست‌محیطی سبب تخریب خاک و پوشش گیاهی مناطق اطراف مسیر تردد می‌شود. همچنین شدت و میزان آسیب وسایل نقلیه آفرود در مناطقی که دارای زیستگاه‌های شکننده هستند از جمله مناطق با گونه‌های گیاهی خاص وکمیاب یا در مناطقی که خاک مستعد فرسایش است می‌تواند بیشتر باشد (Espahbodi & Eghtesadi, 2019; Kizha et al., 2021; Picchio et al., 2020).

خودروهای آفرود (مانند: پاژن، انواع جیپ، انواع تویوتا و ...) عموماً شاسی بلند (Sport Utility Vehicle - SUV) بوده که علاوه‌بر داشتن قدرت و سرعت دارای دو ویژگی اساسی نیز می‌باشند. اولاً دارای سیستم چهار چرخ متحرک (Four Wheel Drive - 4WD) و ثانیاً دارای شاسی مستقل می‌باشند. با وجود تجهیزات ذکر شده توانایی آسیب‌رسانی خودروها به طبیعت به‌سبب اتفاقاتی نظیر گیر کردن، چپ شدن خودروها در مسیر حرکت، تغییر اجباری مسیرها، استفاده از وینچ، وزن نسبتاً بالا، نوع تایرها (شکل و عمق عاج‌ها و سایز)، فراوانی تعداد این خودروها در زمان و مسیر واحد در کنار بکر بودن و شیب نسبتاً بالای مسیرهای آفرود، زیاد می‌باشد. علاوه بر این رانندگی در مسیرهای آفرود موجب صدمه به نهرها و آبراهه‌ها بر اثر عبور ماشین از نهرها و یا کنار آن و یا رسوب در نهرها و ورود مازاد سوخت روغن و گریس به نهرها می‌گردد. همچنین در فصل بارش و رطوبت زیاد خاک سبب به‌هم خوردگی، کوبیدگی و شیار شدن خاک و صدمه به گیاهان و نهال‌های مسیر تردد و زخمی شدن درختان مجاور آن می‌شوند، که حساسیت بررسی عملکرد و مدیریت آن‌ها را افزایش می‌دهد (Kuznetsov et al., 2019; Picchio et al., 2019; Pinard et al., 1995).

با توجه به این‌که گرایش افراد به‌سوی آفرود یا طبیعت‌گردی به‌علت لذت و هیجان بالای آن در سطح جامعه مشاهده می‌شود و با عنایت به موارد فوق در جهت کاهش پیامدها و عوارض نامطلوب خودروهای آفرود بر بوم‌سامانه جنگلی، احساس نیاز به دستورالعمل مشخص مناسبی برای خودروهای آفرود و تردد آنها در مسیرهای مشخص شده و استاندارد و نظارت دقیق بر نحوه اجرای درست آن احساس می‌شود. لذا برای محقق شدن آن باید در سطوح سازمانی و اجتماعی اقدام کرد. مهمترین نیاز

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]

مدیریت، داشتن اطلاعات دقیق برای اتخاذ تصمیم درست در جهت افزایش توریسم و ارتقا سطح اقتصادی جوامع محلی با محوریت کاهش تخریب و حفاظت از عرصه‌های طبیعی است.

صدمه به درختان باقیمانده در توده‌های جنگلی ممکن است شامل زخمی‌شدن تنه درختان، شکستن شاخه‌ها و آسیب به ریشه درخت باشد (Ghorbani & Jourgholami, 2016; Naghdi et al., 2006). آسیب به پوست درختان سبب ورود آفات و حمله قارچ‌ها می‌شود. هنگامی‌که قارچ‌ها به ساقه حمله می‌کنند، حرکت آب به نواحی رویش میسلیوم موجب تحرک یون‌های فلزی رها شده توسط سلول‌های آسیب‌دیده درخت می‌گردد. که این امر سبب کاهش مقاومت چوب آسیب‌دیده و بروز پوسیدگی زودرس می‌شود که افت سرعت امواج تنشی و فراصوتی در مقایسه با چوب سالم را به‌همراه دارد و به‌طوری‌که درختانی که در پیچ‌ها یا پایین پیچ‌ها واقع شده‌اند دارای قابلیت دریافت آسیب بیشتری می‌باشند (Kartoolinejad et al., 2012).

وقتی که پوست درخت زنده کنده می‌شود، سلول‌های آوندی کامبیوم جدا شده و از بین می‌روند و لایه زاینده شروع به گسترش از اطراف پوست زنده زخم نموده و به سمت مرکز زخم رشد می‌کند. و زمانی‌که یک زخم کاملا التیام می‌یابد، مراحل پوسیدگی ممکن است متوقف یا بسیار کم شود. اما زخم‌های با مساحت وسیع به‌ندرت التیام می‌یابند. بنابراین اندازه زخم در التیام زخم بسیار اساسی است (Jourgholami et al., 2012). مساحت ایجاد شده توسط زخم از موارد مهمی است که در ارزیابی بهره‌برداری باید مدنظر قرار گیرد، زیرا هر چقدر سطح زخم افزایش یابد به‌همان نسبت شدت حمله آفات و حشرات به محل زخم هم افزایش خواهد یافت (Rashidi et al., 2011).

بر اثر برخورد و سایش لاستیک زخم‌هایی بر روی درختانی که قسمتی از ریشه آن‌ها در سطح خاک قرار دارد ایجاد می‌شود. حرکت لاستیک ماشین‌های سنگین مانند اسکیدر بر ریشه‌های درختان، موجب آسیب‌رسانی به ریشه‌های سطحی مانند زخم شدن، پارگی و فشردگی ریشه می‌گردد (Kartoolinejad et al., 2012; Mahdavi et al., 2017). Brennensthul et al. (2024) با انجام مطالعه‌ای در کشور لهستان نشان داد نوع لاستیک، پهنای لاستیک و میزان باد آن تاثیر زیادی بر روی تخریب‌های مرتبط با خاک و زخمی شدن درختان دارد. به‌طوری‌که افزایش بار عمودی و کاهش فشار باد لاستیک می‌تواند باعث افزایش نیروی کشش به ترتیب تا ۳۵ و ۱۶ درصد شود. با توجه به تحقیقات ارائه شده (Assaeed et al., 2019; Espahbodi & Eghtesadi, 2019; Pinard et al., 1995) عمده کار انجام شده بررسی تاثیر ماشین‌آلات چوبکشی بر میزان تخریب خاک و آسیب به درختان اطراف مسیرهای چوبکشی می‌باشد. تاکنون در داخل کشور کار تحقیقاتی زیادی بر روی تاثیر تردد ماشین‌های آفرود انجام نگرفته است. با توجه به پتانسیلی که در زمینه گردشگری و طبیعت‌گردی در ایران وجود دارد، استفاده از خودروهای آفرود مورد علاقه طبیعت‌گردان است. هرچند مشکلات زیست محیطی زیادی را سبب می‌شود. بر اساس مشاهدات میدانی ورود وسایل نقلیه به عرصه‌های جنگلی همراه با پیامدهایی خواهد بود. بنابراین، تحقیق حاضر به‌دنبال بررسی آثار تردد ماشین‌های آفرود بر میزان آسیب‌دیدگی به درختان اطراف مسیرهای آفرود در مناطق جنگلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این بررسی در قطعه ۱۵ که بر اساس اطلاعات مندرج در کتابچه طرح تجدیدنظر سری ۴ طرح جنگل‌داری حاجیکلا تیرانکلی- (میانشه) مصوب سال ۱۳۹۰ با گستره ۴۳/۶ هکتار از مجموعه جنگل‌های سری چهار تیرانکلی- میانشه با مساحت ۱۴۳۹/۸ هکتار، در حوزه آبخیز شماره ۶۹، بین عرض جغرافیایی ″۵۱ ′۲۰ °۳۶ و ″۲۱ ′۲۴ °۳۶ شمالی طول جغرافیایی ″۳۵ ′۲۸ °۵۳ و ″۳۵ ′۳۱ °۵۳ شرقی واقع در ۶۲ کیلومتری جنوب شهر ساری و در حوزه استحفاظی اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان ساری قرار دارد، انجام شده است. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۹۱۰ متر و حداکثر آن۱۶۸۰ متر است و میانگین بارندگی سالیانه ۶۱۸/۸ میلی‌متر گزارش شده است. تیپ جنگل راش (۶۹/۰۴ درصد)، آمیخته (توسکا، بلوط، اوجا، آزاد، لرگ و ...) (۹/۸۳ درصد)، راش-ممرز (۵/۵۸ درصد)، ممرز (۲/۷۵ درصد) و مخروبه ازگیل-ولیک (۱/۴۵ درصد) می‌باشد. ضمناً (۱۰/۴۴ درصد) از سطح جنگل در گذشته نهال‌کاری شده و (۰/۹۱ درصد) فضای خالی می‌باشد. پنج دهه از زمان اجرای طرح جنگل‌داری در این سری می‌گذرد و سری مذکور در حال حاضر با توجه به قانون توقف بهره‌برداری از جنگل‌های شمال کشور، فاقد طرح جنگداری بوده و صرفاً به‌صورت حفاظتی مدیریت می‌گردد. آفرود سواری در منطقه معمولاً بدون مجوز قانونی انجام شده و افراد هستند که تصمیم می‌گیرند چه زمانی و در چه مکانی با ماشین وارد جنگل شوند. تقریبا مقررات سخت‌گیرانه در این زمینه وجود ندارد و یا حداقل به‌درستی اجرا نمی‌شود.

به‌منظور انجام این مطالعه مسیر آفرود (صرفا ماشین‌های آفرود در این مسیر تردد می‌کنند) در نظر گرفته شد. تعداد درختان آسیب دیده در دو کیلومتر مسیر آفرود مورد مطالعه ۵۳ اصله درخت ثبت شد. بیشترین درختان صدمه دیده از نوع توسکا، راش و گونه‌های درختچه‌ای مانند ولیک می‌باشد. اثر تردد ماشین‌های آفرود بر درختان اطراف مسیر از نظر تعداد درختان صدمه دیده، محل زخم ایجاد شده در تنه یا ریشه، مساحت زخم و عمق زخم مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). عمق زخم به‌وسیله کولیس و مساحت زخم با توجه به شکل زخم با فرمول‌های مساحت‌یابی اشکال اندازه‌گیری شد. فاصله هریک از درختان آسیب‌دیده تا لبه مسیر آفرود با دقت سانتی‌متر با متر نواری اندازه‌گیری شد. فاصله درختان آسیب‌دیده تا لبه مسیر آفرود و ارتباط آن با مساحت و عمق زخم در سه کلاسه ۰ تا ۵۰ سانتی‌متر، ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفت. به‌منظور بررسی دقیق آسیب‌دیدگی درختان سرپا ارتفاع آسیب‌دیدگی نیز با استفاده از متر نواری ثبت شد. برای این‌منظور سه کلاس ارتفاعی که به‌ترتیب از سطح زمین تا یقه درخت، از یقه تا ارتفاع یک متری از درخت و از ارتفاع یک متری تا دو متری درخت در نظر گرفته شد. همچنین در این مطالعه علت و نحوه آسیب به درختان اطراف مسیر موردبررسی قرار گرفت. برای این‌منظور

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]

آسیب‌هایی ناشی از برخورد ماشین‌های آفرود (مانند برخورد بدنه و چرخ خودرو با تنه درخت، برخورد سقف خودرو با تاج درخت و سایش لاستیک خودرو با ریشه درختان) و خسارت‌های ناشی از بستن سیم وینچ به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این‌که شیب مسیر تاثیر زیادی بر تعادل ماشین‌آلات دارد از این‌رو شیب در مسیر آفرود نیز با استفاده از شیب سنج سونتو به درصد در فواصل ۲۰ متری به درصد ثبت شد و درختان آسیب دیده در آن محدوده نشانه‌گذاری شدند. در نهایت شدت زخم وارد شده به درختان با توجه به شیب طولی مورد بررسی قرار گرفت.

تحلیل آماری

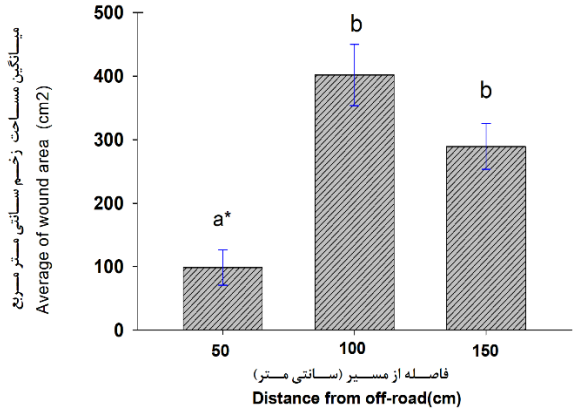
به‌منظور مقایسه تاثیر فاصله از مسیر میزان عمق و مساحت زخم درختان از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. عمق و مساحت زخم به‌عنوان متغیر وابسته و فاصله به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. همچنین جهت مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی آن‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. برای بررسی تأثیر مشخصات فنی مسیر آفرود (شیب طولی) بر میزان آسیب‌های وارده به تنه درختان حاشیه مسیر از رگرسیون استفاده گردید. در این مورد نیز عمق و مساحت زخم متغیر وابسته و شیب طولی مسیر به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. به‌همین منظور در نرم‌افزار Sigmaplot کالیبراسیون مدل رگرسیونی (R^2، R^2 تصحیح شده، انحراف معیار خطا (RMSE) و باقی‌مانده‌ها) انجام شد. لازم به ذکر است نمودارها در نرم‌افزارهای Excel و Sigmaplot ترسیم شده است.

شکل ۱- آسیب‌دیدگی تنه و ریشه درختان در اطراف مسیر آفرود
Figure 1. Damage to trunks and roots of trees around the off-road

نتایج و بحث

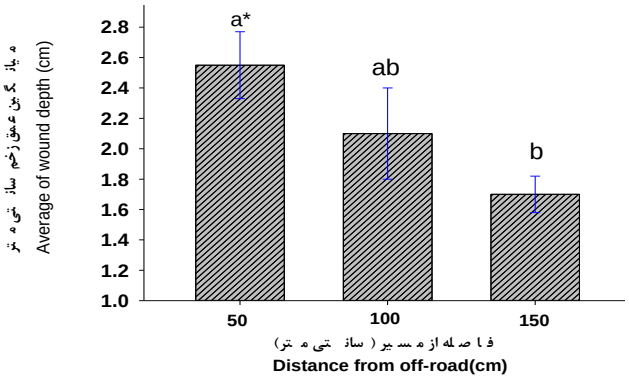
بررسی فاصله درختان آسیب دیده از کنار مسیر آفرود نشان داد که مساحت زخم در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از مسیر تردد، ۹۸/۵ سانتی‌متر مربع، در فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری از مسیر، ۴۰۱ سانتی‌متر مربع و در فاصله ۱۵۰ سانتی‌متری از مسیر، مساحت زخم ۲۸۹ سانتی‌متر مربع می‌باشد. با توجه به شکل (۲) بیشترین مساحت زخم‌شدگی تنه در فاصله ۱۰۰سانتی‌متری از مسیر تردد آفرود مشاهده می‌شود و کمترین مساحت زخم‌شدگی مربوط به فاصله ۵۰ سانتی‌متری از مسیر تردد می‌باشد. همچنین نتایج تجزیه واریانس و مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد بین فاصله ۵۰ سانتی‌متری و فواصل ۱۰۰ و ۱۵۰ سانتی‌متری از نظر مساحت زخم تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($p<0.05$).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]



شکل ۲- میزان مساحت زخم درختان اطراف مسیر بر اساس فاصله درختان از کنار مسیر
Figure 2. The rate of wound area of trees according to the distance of the trees from the off-road

سر خوردن ماشین‌های آفرود و عدم تعادل در مسیر سبب برخورد ماشین با درختان اطراف مسیر می‌شود. مهدوی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود نشان داد بیشتر زخم های درختان صدمه دیده در فاصله ۱٫۵ متری از اطراف مسیرهای چوبکشی ثبت شده اند (Mahdavi et al, 2017). اما با توجه به مشاهدات این مطالعه هرچه درختان نزدیک‌تر به مسیر هستند نوع صدمات به تنه به‌صورت نقطه‌ای و با عمق زیاد می‌باشد و با فاصله از مسیر عمق ضربه کم ولی مساحت آسیب بیشتر می‌شود. به‌نظر می‌رسد دلیل ایجاد زخم‌هایی که در فاصله‌های دورتر از مسیر قرار دارند عدم تعادل ماشین و کشیده شدن آن بر روی تنه درختان می‌باشد که مساحت بیشتری دارند. همچنین زخم‌هایی که نزدیک به مسیر هستند بیشتر از نوع زخم‌هایی هستند که دلیل ایجاد آن‌ها سیم وینچ است که از نوع عمقی می‌باشد. یافته‌های این مطالعه با نتایج تحقیقات (Jourgholami et al., 2012; Kartoolinejad et al., 2012; Mahdavi et al., 2017) نیز منطبق می‌باشد.

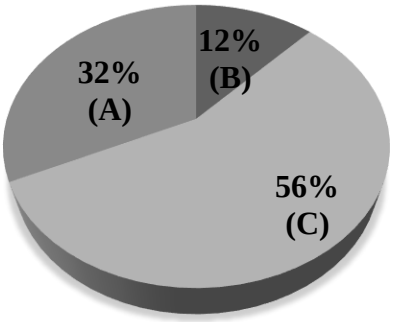


شکل ۳- میزان عمق زخم درختان اطراف مسیر در ارتباط با فاصله درختان از کنار مسیر
Figure 3. The rate of wound depth of trees according to the distance of the trees from the off-road

نتایج حاصل نشان می‌دهد (شکل ۳) عمق زخم در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از مسیر تردد، ۲/۵۵ سانتی‌متر، در فاصله ۱۰۰ سانتی‌متری از مسیر، ۲/۱ سانتی‌متر و در فاصله ۱۵۰ سانتی‌متری از مسیر، عمق زخم ۱/۷ سانتی‌متر می‌باشد که بین تیمارهای فاصله ۵۰ سانتی‌متری و ۱۵۰ سانتی‌متری از نظر آماری تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($p<0.05$). بنابراین بیشترین میزان عمق زخم در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از مسیر تردد آفرود و کمترین میزان عمق زخم مربوط به فاصله ۱۵۰ سانتی‌متری از مسیر تردد می‌باشد. زخم‌های فوق عمدتاً عمقی هستند و با خسارت به کامبیوم همراه می‌باشند. شدت زخم‌های وارده به درختان نیز از اهمیت بسیاری برخوردار است. لذا عمق نفوذ زخم به درون چوب نکته‌ای حائز اهمیت و فاکتور مهمی در برآورد آسیب‌های منجر به پوسیدگی است و سلامت تنه درخت را پس از ضربه تهدید می‌نماید. هرچه شدت صدمه وارده از لایه پوست عبور کرده و به کامبیوم نزدیک‌تر شود احتمال خطر پوسیدگی نیز افزایش خواهد یافت.

همچنین در صورت ایجاد زخم در فصل زمستان شیره نباتی متوقف بوده و احتمال حمله آفات به بافت‌های آسیب‌دیده درختی کم است ولی با آغاز فصل بهار و جریان شیره نباتی درجه حرارت همراه با رطوبت و مواد غذایی موجود در کامبیوم درخت شرایط حمله قارچ ها را مهیا می‌کند. درجه حرارت بین ۱۰ تا ۴۰ درجه مناسب برای بروز و پیشرفت قارچها است (Rashidi et al., 2011).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]

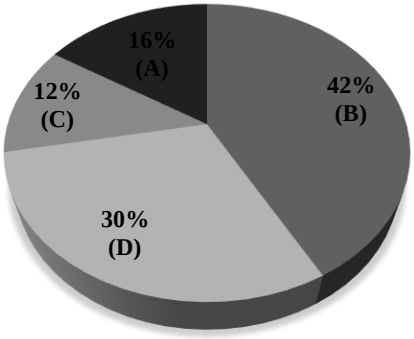


شکل ۴- میزان آسیب‌دیدگی درختان سرپا بر اساس محل آسیب، (A): از سطح خاک تا یقه درخت (B): یقه تا ارتفاع یک متری تنه درخت (C): از ارتفاع یک متری تا دو متری تنه درخت

Figure 4. The rate of damage to the trees stand based on the location of damage; (A): from soil surface to tree collar; (B): from tree collar to 1 meter height of trunk; (C): from 1 meter of trunk to 2 meter of trunk

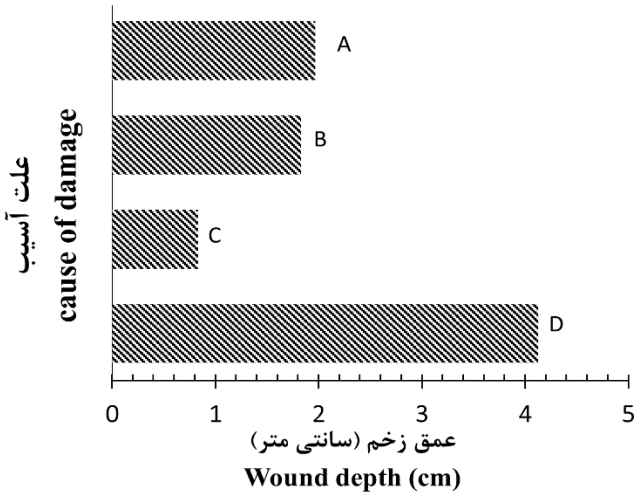
مطابق شکل (۴) صدمه وارده به درختان حاشیه مسیر بر اثر تردد آفرود، در قسمت افق خاک تا سطح یقه درخت ۱۲٪، در محل یقه تا ارتفاع یک متری تنه درخت ۵۶٪ و از ارتفاع یک تا دو متری درخت ۳۲٪ می‌باشد. لذا بیشترین میزان آسیب‌دیدگی درختان بر اثر تردد آفرود در محل یقه تا ارتفاع یک متری تنه درخت و کمترین میزان آسیب‌دیدگی در قسمت افق خاک تا سطح یقه درخت می‌باشد. بر اثر برخورد و سایش لاستیک زخم‌هایی بر روی درختانی که قسمتی از ریشه آن‌ها در سطح خاک قرار دارد ایجاد می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد بیشتر زخم‌های ایجاد شده در درختان اطراف مسیر در ارتفاع کمتر از ۱ متری قرار دارند که با نتایج محققان دیگر (Jourgholami et al., 2012; Mahdavi et al., 2017; Rashidi et al., 2011) مطابقت دارد که گزارش کردند بیشترین زخم‌های ایجاد شده در درختان باقی‌مانده در اطراف مسیرهای چوبکشی در ارتفاع کمتر از ۱ متر وجود دارند. همچنین برخی از محققان (Limbeck-Lilienau, 2003; Yilmaz & Akay, 2008) زخم‌هایی که در قسمت‌های پایین تنه درختان سرپا (ناحیه کمتر از ۰/۳ متر از بن درخت) قرار داشتند را جزو زخم‌های خطرناک و مستعد جهت حمله قارچ‌ها و پوسیدگی درخت معرفی کرده‌اند. یورشیچ و همکاران (Ursić et al., 2022)، نشان دادند میزان صدمات وارده توسط ماشین‌های چوبکشی هاروستر و فوروارد به درختان تقریباً برابر است و به‌طور متوسط ۸۳٪ از صدمات وارده به پوست درخت تا ارتفاع ۱/۳ متر بالاتر از سطح زمین برآورد شده است. بر اساس نتایج حاصل شده (شکل ۵) میزان آسیب وارده به درختان حاشیه مسیر بر اثر تردد آفرود، بر اثر برخورد بدنه و چرخ خودرو با تنه ۴۲ درصد، برخورد سقف خودرو با تاج درخت ۳۰ درصد، زخم به‌دلیل بریدگی توسط سیم وینچ ۱۶ درصد و زخم ریشه بر اثر سایش تایر ۱۲ درصد می‌باشد. لذا بیشترین آسیب وارد شده به درختان حاشیه مسیر تردد آفرود بر اثر برخورد بدنه و چرخ خودرو با تنه درخت می‌باشد و کمترین میزان آسیب مربوط به زخم ریشه بر اثر سایش تایر می‌باشد. معمولاً زخم‌هایی که به‌علت بستن سیم وینچ ایجاد می‌شوند درصد کمی دارند ولی به‌خاطر فشار زیادی که به چوب طی عملیات وینچینگ وارد می‌شود عمق زخم در این مناطق زیاد می‌باشد. در عملیات چوبکشی با اسکیدر به‌علت بالاتر بودن ارتفاع دستگاه اسکیدر نسبت به ماشین‌های آفرود احتمال برخورد سقف دستگاه با تاج درختان بیشتر است و در نهایت این احتمال در مسیرهای چوبکشی نسبت به آفرود بیشتر می‌باشد. با این‌حال حدود ۳۰ درصد از زخم‌های ایجاد شده در این مطالعه از نوع برخورد با سقف خودرو می‌باشد. بیشترین نوع برخورد در مسیرهای آفرود برخورد بدنه و چرخ خودرو به درختان اطراف مسیر است که متاسفانه سبب خسارات زیادی می‌شود. دانیلوویچ و همکاران (Danilović et al, 2015) گزارش کردند که تفریحات آفرود تاثیرات زیادی بر روی درختان بر جای می‌گذارد که یکی از این موارد آسیب دیدن تنه توسط اثرهای مکانیکی (برخورد بدنه و لاستیک خودرو با تنه درختان مسیر و پوست شدن تنه درختان) می‌باشد که این مورد می‌تواند سبب گسترش بیشتر آفات این منطقه شود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]



شکل ۵- میزان آسیب‌دیدگی درختان حاشیه مسیر تردد آفرود بر اساس علت آسیب، (A): برخورد بدنه و چرخ خودرو با تنه (B): برخورد سقف خودرو با تاج درخت (C): زخم ریشه بر اثر سایش تایر (D): زخم به‌دلیل سیم وینچ

Figure 5. The rate of damage to trees along the off-road based on the cause of damage; (A): Collision of car body and wheel with tree trunk; (B): The collision of the roof of the car with the crown of tree; (C): Root wound due to tire wear; (D): Wound due to the winch wire



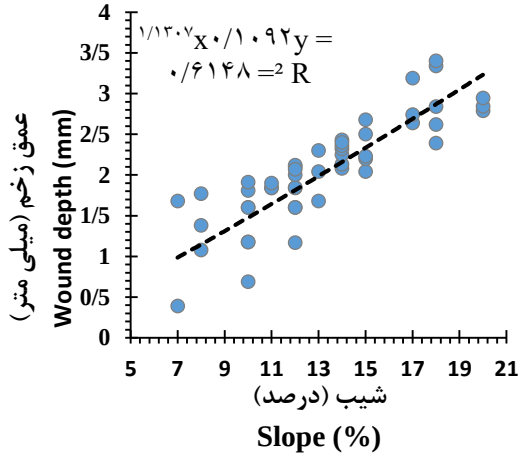
شکل ۶- میزان عمق زخم بر اساس علت آسیب، (A): برخورد بدنه و چرخ خودرو با تنه (B): برخورد سقف خودرو با تاج درخت (C): زخم ریشه بر اثر سایش تایر (D): زخم به‌دلیل بریدگی سیم وینچ

Figure 6. The rate of wound depth based on the cause of damage; (A): Collision of car body and wheel with tree trunk; (B): The collision of the roof of the car with the crown of a tree; (C): Root wound due to tire wear; (D): Wound due to the winch wire

عمق آسیب وارد شده به درخت در اثر برخورد بدنه و چرخ خودرو با تنه ۱/۹۷سانتی‌متر، برخورد سقف خودرو با تاج درخت ۱/۸۳ سانتی‌متر، زخم ریشه در اثر سایش تایر ۰/۸۳ سانتی‌متر و زخم به‌دلیل بریدگی توسط سیم وینچ ۴/۱۲۵ سانتی‌متر می‌باشد (شکل ۶). بنابراین بیشترین عمق زخم ایجاد شده در تنه درختان حاشیه مسیر تردد آفرود، به‌علت بریدگی سیم وینچ وسیله نقلیه می‌باشد. زخم ایجاد شده در اثر بریدگی سیم وینچ جزء زخم‌های با عمق زیاد و قابل توجه می‌باشد که سلامت درخت را به‌خطر انداخته و احتمال پوسیدگی و حمله آفات را افزایش می‌دهد. جورغلامی و همکاران (Jourgholami et al, 2012) در مطالعه خود بیان داشتند که در زخم‌های با اندازه بزرگتر و عمق و شدت بیشتر، پوسیدگی با احتمال بیشتری رخ داده و گسترش می‌یابد.

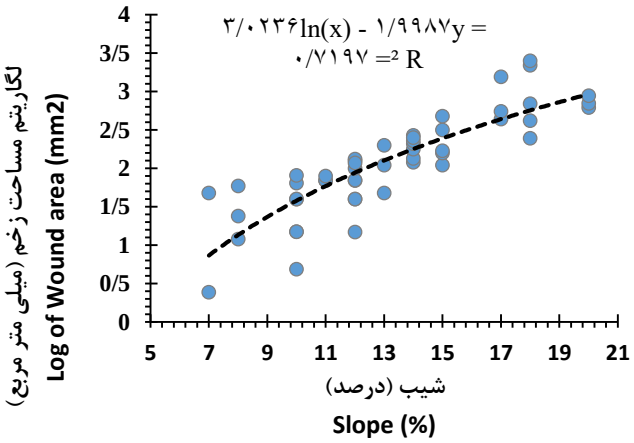
طبق نتایج میانگین عمق زخم در شیب ۷ درصد ۱ میلی‌متر و با افزایش شیب، در شیب۲۰ درصد به ۳/۴ میلی‌متر افزایش یافته است. با توجه به شکل (۷) با افزایش شیب طولی عمق زخم ایجاد شده در درختان نیز به‌صورت خطی افزایش یافته است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]



شکل ۷- تاثیر شیب طولی بر عمق زخم تنه درختان
Figure 7. The effect of longitudinal slope on the wound depth

طبق نتایج لگاریتم مساحت زخم در شیب ۷ درصد ۰/۸۵ میلی‌متر مربع و با افزایش شیب، در شیب۲۰ درصد مساحت زخم به ۳ میلی‌متر مربع افزایش یافته است. مطابق شکل (۸) با افزایش شیب طولی مساحت زخم ایجاد شده در درختان نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۸- تاثیر شیب طولی بر مساحت زخم تنه درختان
Figure 8. The effect of longitudinal slope on the wound area

رشیدی و همکاران (Rashidi et al, 2011) گزارش کردند که با افزایش شیب طولی و عرضی به‌علت دشوار بودن شرایط برای راننده در کنترل اسکیدر، احتمال برخورد به درختان اطراف مسیر بیشتر شده و در نتیجه سبب افزایش زخم‌های وارده به درختان می‌شود. همچنین محققان (Kartoolinejad et al., 2012; Yuniawati & Dulsalam, 2020) دریافتند با افزایش شیب طولی مسیرها شدت ضربات وارده به درختان بیشتر می‌شود. این مطالعه نیز نشان داد شیب طولی مسیر تاثیر مستقیم بر روی عمق و مساحت زخم‌های ایجاد شده دارد. با افزایش شیب طولی احتمال سر خوردن ماشین افزایش می‌یابد، ترمزها به‌درستی عمل نمی‌کنند و احتمال بکس باد کردن چرخ‌ها بیشتر است (Mukhtar et al., 2022; Picchio et al., 2019; Ursić et al., 2022). در این شرایط کنترل خودرو از دست راننده خارج شده و با درختان اطراف برخورد می‌کند و سبب ایجاد آسیب به درختان و خسارت‌های زیست‌محیطی زیادی می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

امروزه آفرودسواری نه‌تنها یک ورزش محسوب می‌شود بلکه علاقه‌مندان زیادی در سراسر جهان دارد. این موضوع از آنجایی اهمیت پیدا می‌کند که علاقه‌مندان آفرود به‌صورت گروهی و با تعدادی ماشین به عرصه‌های جنگلی مراجعه کرده و اولویت آن‌ها انتخاب مسیرهای دشوار به‌منظور مسابقه بدون در نظر گرفتن خواهش های زیست‌محیطی می باشد. به‌همین منظور این مطالعه با ارائه پیشنهاداتی به‌دنبال کاهش این اثرات منفی است:

- سازماندهی مناسب توسط سازمان‌های مرتبط (مانند اداره‌های منابع طبیعی و ورزش و جوانان) و مشخص نمودن مسیرهای مشخص برای تردد آفرود جهت کاهش آسیب به توده جنگلی، زادآوری و درختان سرپا.
- آگاهی از صدمات جنگل به رانندگان و گروه‌های ورزشی و اجرای مدیریت صحیح توسط عوامل اجرایی.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]

– با برنامه‌ریزی و اجرای کلاس‌های آموزشی جهت آموزش علاقه‌مندان آفرود می‌توان صدمات را به حداقل رساند و کمک شایانی به حفاظت از درختان، زادآوری و خاک در جنگل نمود.
– با توجه به نتایج این مطالعه آفرودسواری سبب خسارات زیادی به درختان اطراف مسیر شده است. لذا راه‌کارهای ساده‌ای مانند استفاده از محافظ تنه درختان (مانند استفاده از یونولیت و بستن سرشاخه‌های درختی به دور تنه درختان) می‌تواند از صدمات سطحی بر روی تنه جلوگیری کند. همچنین استفاده از شلنگ و یا پوشش پلاستیکی به دور حلقه سیم وینچ می‌تواند تا حدود زیادی از زخمی‌شدن عمقی تنه درختان جلوگیری کند.
– انجام مطالعات و بررسی اثرات تردد آفرود بر روی خاک و جلوگیری از کوبیدگی و به‌هم‌خوردگی خاک با برنامه‌ریزی و مدیریت زمان و مکان تردد.
– پرهیز از ورود ماشین‌های آفرود در جنگل‌های حفاظتی با شیب زیاد، در جنگل‌هایی با درختان نخبه و همچنین در مناطقی با خاک حساس و مستعد لغزش.

References

Assaeed, A. M., Al-Rowaily, S. L., El-Bana, M. I., Abood, A. A., Dar, B. A., & Hegazy, A. K. (2019). Impact of off-road vehicles on soil and vegetation in a desert rangeland in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences, 26*(6), 1187-1193.

Brennensthul, M., Czarnecki, J., & Białczyk, W. (2024). Assessment of Tractor Tires Used in Forest Conditions in Terms of Traction Performance and Impact on Ground. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, *45*(1), 97-114.

Danilović, M., Kosovski, M., Gačić, D., Stojnić, D., & Antonić, S. (2015). Damage to residual trees and regeneration during felling and timber extraction in mixed and pure beech stands. *Šumarski list*, *139*(5-6), 253-262.

Espahbodi, K., & Eghtesadi, A. (2019). The Environmental Effects of Skidder Traffic and Skidding Directions on Forest Soil Compaction and the Regeneration Establishment Condition in Choob-e-Farim Forests. *Ecology of Iranian Forest*, *7*(14), 22-30.

Ghorbani, Z., & Jourgholami, M. (2016). Impact Assessment of Timber Extraction to Residual Stand in Natural Managed Forests (Case Study: Gorazbon District in Kheyrud Forest). *Environmental Researches*, *6*(11), 69-72.

Jourgholami, M., Rizvandi, V., & Majnounian, B. (2012). Evaluating the extent, patterns, size and distribution of tree scars following skidding operation (case study: Kheyrud forest). *Iranian Journal of Forest*, *4*(3), 187-196.

Kartoolinejad, D., Najafi, A., & Kazemi-Najafi, S. e. (2012). Decay evaluation of damaged beech trees (Fagus orientalis L.) adjacent to skid trails by nondestructive stress wave technique. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *20*(4), 622-633.

Kizha, A. R., Nahor, E., Coogen, N., Louis, L. T., & George, A. K. (2021). Residual stand damage under different harvesting methods and mitigation strategies. *Sustainability*, *13*(14), 7641.

Kuznetsov, V., Ryzhova, I., & Stoma, G. (2019). Transformation of forest ecosystems in Moscow megapolis under recreational impacts. *Eurasian Soil Science*, *52*, 584-592.

Limbeck-Lilienau, B. (2003). Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. Proceedings of the Austro 2003 meeting: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain,

Mahdavi, S. J., Akbari, H., Parsakhoo, A., & Abasi, A. (2017). *The technical effects of skidding on the damages to the trees around the skidd trail* The third national conference of knowledge and technology of agricultural sciences, natural resources and the environment,

Mukhtar, H. M. M., Yahya, Y., Rahmat, A., & Ismail, R. (2022). Timber Harvesting Residual Trees Damage Decision-Making for Sustainable Forest Management. 2022 16th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM),

Naghdi, R., Rafatnia, N., Bagheri, A., & Hemati, V. (2006). Evaluation of the damage caused to the residual trees in the skidded path (case study: Lonk Siahkol forest). . *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *16*(1), 87-98.

Picchio, R., Mederski, P. S., & Tavankar, F. (2020). How and how much, do harvesting activities affect forest soil, regeneration and stands? *Current forestry reports*, *6*(2), 115-128.

Picchio, R., Tavankar, F., Bonyad, A., Mederski, P. S., Venanzi, R., & Nikooy, M. (2019). Detailed analysis of residual stand damage due to winching on steep terrains. *Small-scale Forestry*, *18*(2), 255-277.

Pinard, M. A., Putz, F. E., Tay, J., & Sullivan, T. E. (1995). Creating timber harvest guidelines for a reduced-impact logging project in Malaysia. *Journal of Forestry*, *93*(10), 41-45.

Rashidi, R., Firuzan, A. H., Nikooy, M., & Kochi, M. (2011). Assessment of damage caused to trees around skidd trail in the forest. *Biology*, *5*(18), 41-50.

Ursić, B., Vusić, D., Papa, I., Poršinsky, T., Zečić, Ž., & Đuka, A. (2022). Damage to Residual Trees in Thinning of Broadleaf Stand by Mechanised Harvesting System. *Forests*, *13*(1), 51.

Yilmaz, M., & Akay, A. (2008). Stand damage of a selection cutting system in a uneven aged mixed forest of Cimendagi in Kahramanmaras-Turkey. *International Journal of Natural Engineering Sciences*, *2*(1), 77-82.

Yuniawati, Y., & Dulsalam, D. (2020). Residual Stand Damage Due to Timber Harvesting in PT Tunas Timber Lestari, Papua. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, *9*(2), 121-132.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-04-19]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.4.2]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.101]