فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ١٦ شمارهٔ ٢ ، صفحهٔ ٢٩١-٢٧٤ ، (١٣٨٧)

ارزیابی نرخ تولید چوب در حمل و نقل اولیه و ثانویه در جنگل حوزه نکاچوب

علی اقتصادی[1]

١- استادیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. پست الکترونیک: eghtesadi@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: ٨٦/٤/٢٠ تاریخ پذیرش: ٨٦/٨/١٢

چکیده

خروج گرده‌بینه از جنگل شامل دو مرحله، حمل گرده‌بینه به‌وسیله اسکیدر از محل قطع تا کنار جاده‌های جنگلی (حمل و نقل اولیه) و حمل گرده‌بینه‌های جمع‌آوری شده در دپوی کنار جاده‌های جنگلی به‌وسیله کامیونها و تریلی‌های چوبکش به محل کارخانه (حمل و نقل ثانویه) می‌باشد. هدف از این تحقیق، بررسی عوامل مؤثر در تولید و زمان چوبکشی می‌باشد. در اثر کاهش زمان چوبکشی، هزینه‌های خروج چوب در جنگلهای تحت مدیریت شرکت نکاچوب کاهش خواهد یافت. در این مطالعه ضمن مشخص نمودن اجزای کار چوبکشی، تعداد ٤٥ نمونه (نوبت چوبکشی) برای اسکیدر تاف و٦٠ نمونه برای تریلی‌های چوبکش مورد زمان‌سنجی قرارگرفت. برای مراحل مختلف, زمان‌سنجی به‌روش زمانهای پیوسته انجام گردید. با تجزیه و تحلیل داده‌ها، مدل ریاضی پیش‌بینی زمان چوبکشی به‌وسیله اسکیدر تاف به‌صورت تابعی از متغیرهای فاصله چوبکشی، شیب طولی مسیرچوبکشی، تعداد و حجم گرده‌بینه و زمان چوبکشی به‌وسیله تریلی‌های چوبکش در هر نوبت ارائه گردیده است. با محاسبات مربوط مشخص شد که مدلهای ارائه شده دارای اعتبار لازم برای پیش‌بینی زمان چوبکشی به‌وسیله اسکیدر تاف و تریلی‌های چوبکش بوده و در نتیجه با محاسبه زمان چوبکشی، هزینه چوبکشی قابل محاسبه می‌باشد. میزان تولید چوب با توجه به مطالعات انجام شده در چوبکشی به‌وسیله اسکیدر تاف ١٠/٢٦ مترمکعب و حمل چوب به‌وسیله تریلی‌های چوبکش ٥/٧٩ مترمکعب در ساعت به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اسکیدر تاف، نرخ تولید، مدل پیش‌بینی زمان چوبکشی، حمل و نقل چوب، بهره‌برداری جنگل.

مقدمه

بهره‌برداری از جنگل دارای مراحل مختلفی بوده که باید به‌صورت پیوسته به مرحله اجرا در آیند. در این روند عوامل مختلفی مانند ماشین‌آلات، نیروی کار و درختان دخالت دارند تا تولید چوب که محصول نهایی سیستم تولید جنگل است، به‌دست آید. در این رابطه روشهای مختلفی با تأکید بر کنترل داده‌های ورودی در جهت موفقیت این روند وجود دارد (Stenzel, 1972). در واقع اهداف بهره‌برداری جنگل اجرای عملیاتی است که به‌طور عملی و تکنیکی قابل اجرا بوده و از نظر اقتصادی قابل قبول و از نظر زیست‌محیطی بی‌خطر باشد. برای رسیدن به این اهداف باید برنامه‌ریزی به‌خوبی انجام گرفته و به‌طور مستمر بهبود یابد (Heinemann, 2004). بهره‌برداری مجموعه عملیاتی است که از مرحله قطع درخت شروع شده و با خروج گرده‌بینه از جنگل و حمل به کارخانه به اتمام می‌رسد. بیشترین هزینه بهره‌برداری مربوط به خارج کردن درخت از محل قطع و حمل آن به کنار جاده جنگلی و سپس بارگیری و حمل به محل کارخانه است. به‌طوری‌که ٢٥- ١٥ درصد هزینه‌های بهره‌برداری را قطع و استحصال و ٨٥- ٧٥ درصد بقیه هزینه‌ها مربوط به حمل و نقل چوب می‌باشد. درمرحله بهره‌برداری ماشین‌آلاتی به‌کار می‌روند که اکثراً وارداتی بوده و دارای هزینه ساعتی و استهلاک زیاد می‌باشند. همچنین تهیه قطعات یدکی از کشورهای سازنده و عدم

Archive of SID

www.SID.ir

آشنایی کارگران باعث افزایش هزینه‌ها می‌شود. داشتن اطلاعات دقیق در زمینه کارایی ماشین‌آلات جنگلی به‌منظور بهبود وضعیت اقتصادی یک پروژه برای مدیران و پیمانکاران جنگل امری ضروری است Brown *et al.*, (2002). بنابراین سعی در این است با بررسی دقیق مهمترین مراحل بهره‌برداری که حمل و نقل چوب از محل قطع تا دپو می‌باشد، بتوان ضمن کاهش هزینه‌ها از خسارت وارده به سیستم تولید جنگل جلوگیری نمود. بدین منظور عوامل مؤثر در چرخه چوبکشی به‌وسیله ماشین‌آلات کشنده (اسکیدر) و تریلی‌های چوبکش بررسی شده تا با توجه به بازدهی ماشین‌آلات و شناسایی عوامل مؤثر در روند کار و تعیین تأخیرهای مختلف، روش افزایش بازدهی کار را یافته و با ارائه راهکارهای مناسب هزینه‌های تولید چوب را کاهش داد.

بررسی و تحقیق در مورد عوامل مؤثر در افزایش هزینه‌های بهره‌برداری در جنگلهای اروپا از دهه۱۹۳۰ شروع و در این مطالعات هزینه‌های چوبکشی و عوامل مؤثر در زمان چوبکشی مورد بررسی قرار گرفت. Adams (1965) در رابطه با چوبکشی از پای کنده تا دپو کنار جاده عواملی مانند اندازه گرده‌بینه، شیب، فاصله متوسط چوبکشی و حجم در هکتار را به‌عنوان عوامل موثر معرفی نمود. Hill (1992) در مورد خروج چوب به پایین دامنه با اسکیدر کاترپیلار چنگک‌دار در زلاندنو مطالعه‌ای انجام داد. در ایران نیز مطالعاتی در این زمینه به‌عمل آمده که اولین آن مربوط به لادورنر می‌باشد. وی در سال۱۹۷۲ هزینه چوبکشی اسکیدر تیمبرجک D-۲۳۰ و بولدوزر کاترپیلار D-۶ و نیز بازده اسکیدر در رابطه با فاصله چوبکشی و حجم بار را در طرح جنگل‌داری سنگده مورد مطالعه قرار داد و نتیجه‌گیری نمود که بازده چوبکشی بیشتر به حجم بار بستگی دارد تا به فاصله و به‌همین جهت بارهای کم حجم فقط در فواصل کوتاه می‌توانند اقتصادی باشد (اقتصادی،۱۳۷۰).

سبحانی و قاسم زاده (۱۳۶۸) عوامل مؤثر در عملیات چوبکشی با اسکیدر چرخ لاستیکی کلارک را از محل قطع تا دپوی کنار جاده جنگلی مورد بررسی قرار داده و مدل ریاضی پیش‌بینی زمان انجام کار را به‌صورت تابعی از متغیرهای مستقل (فاصله، شیب، تعداد تنه در هر نوبت چوبکشی و حجم کل بار) در هر نوبت چوبکشی به‌دست آورده‌اند.

فقهی (۱۳۶۸) در ارزشیابی دو سیستم مکانیزه بهره‌برداری تمام تنه و درخت کامل در جنگلهای شفارود، به‌وسیله اسکیدر چرخ لاستیکی کلارک و چرخ زنجیری کوماتسو مشخص نمود که با افزایش فاصله چوبکشی و شیب مثبت (حمل به‌طرف بالا) هزینه چوبکشی افزایش یافته و با افزایش حجم و تعداد درخت در هر نوبت چوبکشی و شیب منفی (حمل به‌طرف پایین) هزینه چوبکشی کاهش می‌یابد. میزان تولید در چوبکشی به‌وسیله اسکیدر چرخ زنجیری ۸/۴۸ متر مکعب در ساعت و میزان تولید به‌وسیله اسکیدر چرخ لاستیکی ۸/۵۸ متر مکعب در ساعت بوده است.

سبحانی(۱۳۷۷) در مورد خروج چوب به‌وسیله اسکیدر (۱۲۸ روز کارکرد) و زتور (۲۸ روز کارکرد) مطالعه‌ای انجام داد و نتیجه گرفت که در این مدت ۲۰۰۰ مترمکعب گرده‌بینه (روزی ۱۵/۶ مترمکعب) خارج شده و متوسط کارکرد روزانه ۶ ساعت بوده است و در هر بار به‌طور متوسط ۳/۶ مترمکعب حجم چوب خارج شده است.

نقدی (۱۳۸۳) در مقایسه دو روش بهره‌برداری تمام تنه و گرده‌بینه در جنگلهای نکا- ظالمرود نتیجه گرفت که بازدهی تولید در روش تمام تنه به‌مراتب بیشتر از روش گرده‌بینه می‌باشد و میزان تولید با احتساب زمانهای تأخیر در چوبکشی به‌وسیله اسکیدر تیمبرجک در این دو سیستم به‌ترتیب ۱۳/۶ و ۱۰/۱ مترمکعب در ساعت برآورد گردید.

جورغلامی (۱۳۸۴) در ارزیابی کارایی، نرخ تولید و هزینه دو نوع ماشین چوبکشی بزرگ و کوچک در جنگل

Archive of SID

www.SID.ir

خیرودکنار، میزان تولید اسکیدر تیمبرجک را ۸/۸۸ مترمکعب در ساعت به‌دست آورده است.

مصطفی‌نژاد (۱۳۸۵) در مقایسه کشیدن چوب به سمت بالا و پایین دامنه به‌وسیله اسکیدر در طرح جنگل‌داری نکا- ظالمرود نتیجه گرفت که متوسط حجم چوب خارج شده در هر نوبت چوبکشی به‌ترتیب ٦ و ۸/۵ مترمکعب و در هر ساعت به‌ترتیب ۱۲/۵ و ۲۳/۵ مترمکعب بوده است. همچنین با افزایش فاصله چوبکشی، زمان خروج چوب افزایش می‌یابد با این تفاوت که در شیب مثبت حداکثر زمان خروج چوب نسبت به شیب منفی دو برابر می‌شود و در نتیجه میزان تولید در شیب مثبت کمتر از شیب منفی است.

در رابطه با حمل و نقل از کنار جاده‌های اصلی در جنگل تا محل مصرف چوب (کارخانه)، در نقاط مختلف دنیا تحقیقاتی انجام شد که بیشتر با توجه به شرایط موجود در آن مناطق بوده است. به‌عنوان نمونه Sundberg (1963) برای برآورد تولید به‌وسیله کامیون، عوامل فاصله حمل، سرعت حرکت، ظرفیت بار، تسهیلات در بارگیری و تخلیه بار را مؤثر دانسته است. در مورد برآورد نرخ بارگیری تمام تنه برای کاج مناطق جنوب آمریکا مطالعاتی شده است. در این تحقیق دو نوع بارگیری شامل بارگیری بلافاصله یا سریع و بارگیری سرد مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه گرفته‌اند که در بارگیری سریع میانگین کل زمان ۲٤٦ درصد بیشتر از بارگیری سرد بوده است. همچنین در این بررسی مشخص شد که وزن هر بار در نوع بارگیری یا نظم تنه بی‌تأثیر بوده و فقط میانگین وزن در تناژ بار تأثیر داشته است. زمان استقرار و میانگین کل زمان در بارگیری سرد نیز کمتر از بارگیری سریع بوده است (Lanford *et al.*, 1986).

مواد و روشها

این تحقیق در جنگلهای حوزه نکاچوب در پارسل ۱۵۸ سری ۱ و در پارسل ۲۰ سری ۲ طرح نکا- ظالمرود اجرا گردیده است. کل منطقه این حوزه دارای ۸۵۰۰۰ هکتار وسعت بوده که از ارتفاع ۸۰ متر از سطح دریا تا ۲۷۰۰ متر ادامه دارد. میزان بارندگی با توجه به ارتفاع از سطح دریا از ٤۰۰ تا ۱۵۰۰ میلیمتر متغیر می‌باشد. تیپ خاک منطقه از قهوه‌ای جنگلی تا انواع راندزین در دشتهای آبرفتی است. جوامع گیاهی منطقه شامل: بلوط ممرزستان، بلوط شمشادستان، انجیلی ممرزستان، راش کوله‌خاسستان و لورستان می‌باشد (مدینه‌ای، ۱۳٦۷).

در قطعات مورد مطالعه روش جنگل‌شناسی اعمال شده قطع یکسره و اجرای عملیات جنگل‌کاری بوده است. درختان بعد از قطع به‌صورت تنه یا گردبینه‌هایی به طول ۱۲-۱۰ متر تبدیل و از محل قطع به‌وسیله اسکیدر تاف به‌سمت دپوی کنار جاده جنگلی کشیده می‌شوند. شبکه جاده‌های جنگلی شامل: جاده‌های اصلی و جاده‌های فرعی می‌باشد. تراکم جاده‌ها در تمام سطح جنگل ۲/۳ متر در هکتار و در منطقه تجدید حیات ۱۰/۹ متر در هکتار می‌باشد. مسیرهای چوبکشی دارای طول بین ۷۰۰ تا یک کیلومتر می‌باشند. جهت شیب مسیر چوبکشی در هر دو پارسل منفی بوده، بنابراین چوبکشی به‌سمت پایین دامنه (جاده) انجام می‌شود. مساحت پارسلها به‌ترتیب ۳۸ و٤٤ هکتار می‌باشد.

روش مطالعه

بررسی چوبکشی و حمل و نقل چوب به‌وسیله اسکیدر و تریلی‌های چوبکش براساس مطالعه کار (work study) انجام شده است تا با بهبود و اصلاح عملیات بهره‌برداری و تعیین زمان لازم برای اجرای مراحل مختلف بتوان نسبت به برنامه‌ریزی کار اقدام نمود. اولین قدم در این امر مطالعه روش (Method study) می‌باشد تا با یافتن راههای بهتر انجام کار به افزایش بازدهی آن کمک نمود و از تأخیرهای قابل اجتناب در مراحل مختلف و سایر شکلهای هرز رفتن نیروهای کاری و عملیات غیر ضروری جلوگیری کرد. مطالعه زمانی (Time study) که یکی از

Archive of SID

www.SID.ir

روشهای مطالعه کار است، ابزار اصلی مورد استفاده در بررسی مطالعات مختلف در مورد کارایی سیستمهای بهره‌برداری می‌باشد که طی سالیان متمادی در محاسبه هزینه‌های بهره‌برداری در جنگل مورد استفاده قرارگرفته است. به‌منظور انجام این تحقیق، ابتدا اجزای یک چرخه کاری مشخص و سپس زمان اجرای هر قسمت از اجزای آن اندازه‌گیری شد. در این بررسی از روش زمان‌سنجی پیوسته با استفاده از کرونومتر با دقت یک‌صدم دقیقه برای زمان‌سنجی مراحل مختلف کار استفاده شده است. هنگام زمان‌سنجی ضمن اندازه‌گیری اجزای مختلف کار، زمانهای مربوط به توقف در مراحل مختلف کاری شامل: زمان تأخیر فنی (Technical Delay)، زمان تأخیر اجرایی (Operational Delay)، زمان تأخیر شخصی (Personal Delay) نیز اندازه‌گیری و علل آنها ثبت گردید. اجزای چرخه کار چوبکشی شامل زمانهای حرکت خالی ماشین (Empty Travel)، استقرار (Positioning)، باز کردن و کشیدن کابل وینچ (Release and pulling Winch)، بستن چوکر یا قلاب کردن کابل دور گردبینه‌ها (Hook)، جمع کردن کابل وینچ (Winching) حرکت با بار به‌سمت دپو (Travel Loaded) بازکردن قلاب در دپو (Unhook) و جابه‌جا کردن گرده‌بینه‌ها در دپو (Piling) می‌باشد (اقتصادی، ۱۳۷۰).

بارگیری تریلی‌های چوبکش به‌وسیله لودر انجام می‌شود. اجزای تشکیل دهنده یک چرخه بارگیری به‌وسیله لودر عبارتند از: زمان استقرار چوبکش (Positioning Time)، زمان انتخاب و بارگیری (Lodging Time)، زمان ردیف کردن (Proper placing the logs Time). پس از پایان بارگیری، بارها به‌وسیله دو سیم بکسل محکم روی تریلی بسته شده که زمان بستن بار (Binding Time) نامیده می‌شود. بعد از این مرحله، حمل چوب از دپوی جنگل تا کارخانه به‌وسیله تریلی‌های چوبکش به مرحله اجرا در می‌آید. یک چرخه کاری در این مرحله شامل: زمان حرکت با بار(Travel Loaded) و زمان تخلیه بار در دپوی کارخانه (Unloading) می‌باشد. با توجه به تأثیر سرعت حرکت ماشین‌آلات حمل چوب در یک نوبت چوبکشی (به‌ویژه به‌وسیله تریلی‌ها) این متغیر نیز مورد محاسبه قرار گرفته تا بتوان با توجه به ساعت کار در شرکت نکاچوب، نسبت به افزایش تعداد نوبتهای روزانه حمل بار به‌وسیله یک تریلی برنامه‌ریزی نمود.

محاسبه میزان تولید

الف - میزان تولید در حمل گرده‌بینه به‌وسیله اسکیدر ناف (TAF)

مقدار چوب کشیده شده به‌وسیله اسکیدر از محل قطع درخت تا دپوی کنار جاده اصلی در واحد زمان، میزان تولید می‌باشد که از تقسیم حجم کل گرده‌بینه‌های کشیده شده بر کل زمان صرف شده به‌دست می‌آید.

ب - میزان تولید به‌وسیله لودر

مقدار تولید در این مرحله، مقدار چوب بار زده شده به‌وسیله لودر بر روی تریلی تقسیم بر مدت زمان صرف شده می‌باشد.

ج - میزان تولید در حمل گرده‌بینه به‌وسیله تریلی

مقدار تولید در این مرحله، مقدار چوب حمل شده به‌وسیله تریلی از محل دپوی کنار جاده جنگلی تا دپوی کارخانه در واحد زمان می‌باشد که از تقسیم حجم گرده‌بینه‌های حمل شده بر کل زمان صرف شده به‌دست می‌آید.

جمع‌آوري داده‌ها

داده‌های مورد نیاز برای بررسی عملیات چوبکشی به‌وسیله اسکیدر از پارسل ۱۵۸ سری ۱ و پارسل ۲۰ سری ۲ و داده‌های مربوط به تریلی‌های چوبکش از قسمتهای مختلف طرح نکا چوب از سریهای ۱ و ۲ جمع‌آوری شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

– در چوبکشی با اسکیدر تاف که به‌طرف پایین انجام شد (شیب منفی)، متغیرهایی که مورد مطالعه و شناسایی قرارگرفته‌اند عبارتند از: فاصله چوبکشی، شیب مسیر، حجم گرده‌بینه، تعداد در هر نوبت چوبکشی، فرم تنه و نوع گونه.

– در عملیات بارگیری از لودر VOLVO 4500 BM استفاده شد. متغیرهای زمان استقرار تریلی، زمان انتخاب و بارزدن، زمان ردیف کردن گرده‌بینه‌ها بر روی تریلی، زمان توقف، نوع گونه، حجم گرده‌بینه و تعداد در هر نوبت بارزدن مشخص و اندازه‌گیری گردید.

– در حمل و نقل گرده‌بینه از تریلی‌های چوبکش از نوع VOLVO N12 استفاده شده است. در این مرحله متغیرهایی مانند زمان رسیدن تریلی چوبکش به کارخانه با بار، زمان حر کت تریلی بدون بار، فاصله دپوی جنگل تا کارخانه، تعداد و حجم گرده‌بینه‌های حمل شده مشخص و ثبت گردید.

در اندازه‌گیری حجم گرده‌بینه‌ها از رابطه هوبر Huber استفاده شده است($V= g_m * L$) که در این رابطه:

V = حجم گرده‌بینه بر حسب مترمکعب، g_m = مقطع میانی گرده‌بینه بر حسب سانتیمتر و L = طول گرده‌بینه بر حسب متر است.

تعداد نمونه

برای تعیین تعداد نمونه‌های لازم، ابتدا یک آماربرداری اولیه برای مشخص نمودن انحراف معیار زمان چوبکشی و حمل ونقل چوب بدون در نظر گرفتن زمان توقف انجام گردید (اقتصادی،۱۳۷۰). سپس تعداد ۲۰ نمونه برای اسکیدر تاف و۳۰ نمونه برای تریلی‌های چوبکش زمان‌سنجی شد و با احتساب اینکه در سطح ۹۵ درصد، باید دقت مورد نظر ۱۰ درصد میانگین زمان یک نوبت چوبکشی باشد، با استفاده از رابطه $n = \frac{t^2.s^2}{E^2}$ (زبیری،۱۳۷۳) که در آن n = تعداد نمونه، t = ضریبی که به تعداد نمونه و سطح اعتماد مورد نظر بستگی داشته و از جدول t به‌دست می‌آید.s = انحراف معیار به‌دست آمده از آماربرداری اولیه

E = دقت مورد نظر که ۱۰ درصد متوسط زمان چوبکشی در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به رابطه بالا حداقل تعداد نمونه لازم برای چوبکشی با اسکیدر تاف ٤٥ نوبت و حداقل تعداد لازم برای حمل چوب به‌وسیله تریلی‌های چوبکش٦٠ نوبت محاسبه گردید.

مدل رياضي پيش‌بيني زمان چوبكشي

با توجه به سوابق و مطالعات موجود در زمینه بهره‌برداری و مهندسی جنگل در کشورهای دیگر، بهترین شکل تهیه مدلهای ریاضی زمان انجام کار، تجزیه واریانس و تهیه مدلهای رگرسیون چند متغیره می‌باشد. این مدلها ترکیب مناسبی از عوامل مؤثر بر یک سیستم می‌باشند که از آنها به‌منظور مطالعه سیستم استفاده می‌شود. در این مدلها ابتدا متغیرهایی که بیشترین تأثیر را در سیستم می‌توانند داشته باشند شناسایی، و با به‌کاربردن ترکیب مناسبی از این متغیرها در قالب مدل ارائه شده می‌توان متغیرهایی که بیشترین تأثیر را در کاهش باقیمانده تغییرات داشته باشند، وارد نمود.

بدین منظور برای بررسی تک تک متغیرها و رابطه آنها با زمان انجام کار و نیز تهیه مدل ریاضی پیش‌بینی زمان چوبکشی، از برنامه آماری spss استفاده شده است. پس از وارد نمودن داده‌های حاصل از زمان سنجی با استفاده از این برنامه آماری و استفاده از پلاتهای نرمال و روش آندرسون– دارلینگ (Anderson-Darling) از نرمال بودن توزیع داده‌های موجود در هر قسمت اطمینان حاصل گردید. با تجزیه واریانس رابطه بین عوامل مؤثر اندازه‌گیری شده و اثرات متقابل آنها به‌صورت ترکیبهای دوتایی، سه‌تایی و چهارتایی با زمان چوبکشی خالص، بدون احتساب زمان توقف مشخص شد و مورد تجزیه و

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل قرار گرفت. در مدلهای تهیه شده زمان یک نوبت چوبکشی به‌وسیله اسکیدر به‌صورت تابعی از متغیرهای طول مسیر کشیدن گرده‌بینه، شیب مسیر، تعداد گرده‌بینه، حجم گرده‌بینه؛ عملیات بارزدن به‌وسیله لودر به‌صورت تابعی از متغیرهای تعداد گرده‌بینه و حجم گرده‌بینه در هر نوبت بارزدن؛ و حمل به‌وسیله تریلی به‌صورت تابعی از متغیرهای تعداد گرده‌بینه، حجم گرده‌بینه، مسافت حمل از محل دپوی جنگل تا کارخانه تعریف شد. به‌منظور صرفه‌جویی در وقت و هزینه سعی شده است که در تهیه مدلها تا حد امکان مؤلفه‌هایی که بیشترین تأثیر را بر مدل می‌گذارند در نظر گرفته شوند. برای تمام متغیرهایی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند، وضعیت پراکنش ابر نقاط و سپس رابطه تک تک آنها با زمان انجام کار مورد بررسی قرار گرفت. روابط بین زمانهای انجام کار با متغیرهایی مانند فاصله، شیب، حجم، تعداد و نیز اثرات متقابل متغیرها بر یکدیگر به‌صورت دوتایی، سه‌تایی و چهارتایی مشخص و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تعیین ضرایب ثابت و متغیر مدل پیش‌بینی زمان چوبکشی، از روش رگرسیون چند متغیره و گام به گام (Stepwise Regression) استفاده و در بین آنها گویاترین و مناسب‌ترین مدل انتخاب گردید. در این مطالعه ٤٥ چرخه‌کاری برای اسکیدر تاف و٦٠ چرخه کاری برای تریلی‌ها مورد بررسی قرارگرفت. در هریک از دو سری نمونه، ۲ نمونه به‌عنوان نمونه‌های شاهد به‌منظور احراز اعتبار مدل به‌دست آمده کنار گذاشته شدند و در محاسبات مربوط به مدل‌سازی وارد نگردیدند.

برای تعیین اعتبار، حدود اعتماد زمان چوبکشی حاصل از مدل محاسبه گردیده و با زمان واقعی حاصل از زمان‌سنجی انجام شده مقایسه می‌شود. چنانچه زمان چوبکشی حاصل از زمان‌سنجی در محدوده حدود اعتماد قرار گیرد، مدل ارائه شده از اعتبار آماری لازم برخوردار است. برای تعیین حدود اعتماد زمان چوبکشی به‌وسیله مدل، از رابطه

$$Y \pm t_a = \%5\sqrt{(Mse)(1+\frac{1}{n}+\xi^1 sp^{-1}\xi)}$$

(نقدی، ۱۳۸۳) استفاده می‌شود که در آن:

Y= زمان یک نوبت چوبکشی بدون احتساب زمان توقف حاصل از مدل

Mse = مجذور میانگین خطا

n = تعداد نوبتهای چوبکشی که در تهیه مدل به‌کار رفته است

ξ= ارزش عددی حاصل از زمان‌سنجی متغیرهای به‌کار رفته در مدل برای مقایسه با زمان یک نوبت چوبکشی

sp = مجموع حاصل‌ضرب

sp^{-1} = معکوس ماتریس sp

با توجه به این‌که تجزیه و تحلیل به‌وسیله نرم‌افزار spss انجام گرفت، این نرم‌افزار این قابلیت را دارد که حدود اعتماد مدل را در سطح ۵٪ و ۱٪ خطا، مستقیماً در اختیار کاربر قرار دهد.

نتایج

مدل رياضي زمان چوبكشي با اسكيدر ناف

مدل ریاضی پیش‌بینی زمان چوبکشی عبارتست از: معادله رگرسیون چند متغیره زمان یک نوبت چوبکشی که به‌صورت تابعی از متغیرهای فاصله چوبکشی، تعداد گرده‌بینه در هر نوبت چوبکشی، شیب مسیر چوبکشی و حجم گرده‌بینه در هر نوبت چوبکشی به‌دست آمده است.

T= 3.321+ 0.035D - 1.049S + 0.097N + 0.077SV+ 0.82V

به‌طوری‌که:

T = زمان یک نوبت چوبکشی (دقیقه)

D = فاصله چوبکشی (متر)

S = شیب مسیر چوبکشی (درصد)

SV = حاصل‌ضرب شیب در حجم بار (اثر متقابل)

N = تعداد گرده‌بینه (اصله)

Archive of SID

www.SID.ir

V = حجم گرده‌بینه (مترمکعب)

تجزیه واریانس مدل ارائه شده به‌شرح جدول ۱ می‌باشد.

در مدل محاسبه شده، مقدارF به‌دست آمده از F جدول با درجه آزادی ٤ و ۳۸ بزرگتر است که در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد و متغیرهای وارد شده در مدل تا ۸۳/٦ درصد تغییرات را نشان می‌دهند.

مدل ریاضي زمان بارزدن به‌وسیله لودر

در بارگیری تریلی‌ها به‌وسیله لودر، مدل ریاضی پیش‌بینی زمان بارزدن عبارتست از: معادله رگرسیون چند متغیره زمان یک نوبت بارگیری که به‌صورت تابعی از متغیرهای تعداد گرده‌بینه و حجم گرده‌بینه در هر نوبت بارگیری به‌دست آمده است.

$$T = 1.84 + 1.68N - 0.147V$$

به‌طوری‌که:

T = زمان یک نوبت بارزدن (دقیقه)

N = تعداد گرده‌بینه

V = حجم گرده‌بینه (مترمکعب)

تجزیه واریانس مدل ارائه شده به‌شرح جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان چوبکشی در اسکیدر تاف

منبع source	درجه آزادي df	مجموع مربعات ss	میانگین مربعات	F	R^2 (%)	P
رگرسیون	۴	۲۱۵۳/۸۱	۵۳۸/۴۶	۸۴/۲۸	۸۳/۶	۰/۰۰۰
اشتباه	۳۸	۴۳۲/۰۴	۱۲/۱۱			
مجموع	۴۲	۲۵۸۵/۸۵				

جدول ۲- تجزیه واریانس مدل پیش‌بینی زمان بارزدن بوسله لودر

منبع source	درجه آزادي df	مجموع مربعات ss	میانگین مربعات	F	R^2 (%)	P
رگرسیون	۲	۱۱۴۵/۳۷	۵۷۴/۱۳	۳۹/۹۱	۵۹/۷	۰/۰۰۰
اشتباه	۵۷	۷۶۲/۵۶	۱۴/۲۷			
مجموع	۵۹	۱۹۰۷/۹۳				

در مدل فوق مقدار F به‌دست آمده در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و متغیرهای وارد شده در مدل تا ۵۹/۷ درصد تغییرات را نشان می‌دهند.

مدل ریاضي پیش بیني زمان حمل بار به‌وسیله تریلي

در این مرحله نیز با استفاده از رگرسیون چند متغیره مدلهای مختلفی تهیه گردید. با مقایسه مدلها از بین آنها بهترین و گویاترین مدل انتخاب شد. مدل ریاضی پیش‌بینی زمان حمل گرده‌بینه به‌وسیله تریلی‌های چوبکش عبارتست از: معادله رگرسیون چند متغیره زمان یک نوبت حمل بار از محل دپوی جنگل تا کارخانه که به‌صورت تابعی از فاصله حمل، تعداد گرده‌بینه و حجم گرده‌بینه در هر نوبت حمل می‌باشد.

$$T = 32.13 + 1.92D + 1.26N - 0.32V$$

به‌طوری‌که:

T = زمان یک نوبت حمل بار به‌وسیله تریلی (دقیقه)

Archive of SID

www.SID.ir

D = فاصله حمل از محل دپوی جنگل تا دپوی کارخانه (کیلومتر)

N = تعداد گرده‌بینه در یک نوبت حمل بار

V = حجم گرده‌بینه در یک نوبت حمل بار (مترمکعب)

تجزیه واریانس مدل ارائه شده به‌شرح جدول ۳ می‌باشد.

در مدل فوق مقدار F به‌دست آمده در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و متغیرهای وارد شده در مدل تا ۴۱/۹ درصد تغییرات را نشان می‌دهد.

جدول۳ - تجزیه واریانس مدل پیش‌بینی زمان حمل بار به‌وسیله تریلی

منبع source	درجه آزادي df	مجموع مربعات ss	میانگین مربعات	F	R^2 (%)	P
رگرسیون	۳	۴۲۹/۲۷	۱۴۴/۱۳	۱۲/۴۶	۴۱/۹	۰/۰۰۰
اشتباه	۵۴	۶۲۲/۷۷	۱۱/۵۷			
مجموع	۵۷	۱۰۵۲/۰۴				

احراز اعتبار مدل

الف- احراز اعتبار مدل چوبکشي اسکیدر تاف

در این مرحله اطلاعات مربوط به دو نوبت چوبکشی را از جدول مربوطه که برای احراز اعتبار مدل در نظر گرفته شده است شامل متغیرهای فاصله چوبکشی، شیب مسیر چوبکشی، تعداد گرده‌بینه و حجم گرده‌بینه می‌باشد، استخراج و در معادله رگرسیون قرار داده و زمان چوبکشی محاسبه گردید.

تعداد گرده‌بینه (اصله)	حجم بار (مترمکعب)	شیب مسیر (درصد)	فاصله چوبکشی (متر)	
۱	۱/۸۲	-۲۱	۲۹۵	نمونه ۱
۲	۳/۷٤	-۱۹	۳۸۰	نمونه ۲
۱۲/۵۰ = زمان اندازه‌گیری شده حقیقی		۱۲/۷۷ = زمان برآورد شده از مدل		نمونه ۱
۱۱ = زمان اندازه‌گیری شده حقیقی		۱۲/۸۹ = زمان برآورد شده از مدل		نمونه ۲

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که زمانهای چوبکشی حاصل از مدل در هر نوبت به احتمال ۹۹٪ در محدوده حدود اعتماد قرار دارند. پس مدل از اعتبار آماری لازم برخوردار است (جدول٤).

جدول ٤- نتایج حاصل از چوبکشی به‌وسیله مدل

زمان اندازه‌گیري شده حقیقي (دقیقه)	زمان برآورد شده از مدل (دقیقه)	حدود اعتماد
۱۲/۵۰	۱۲/۷۷	۱۶/۴۹> زمان اندازه‌گیري شده >۸/۳۱
۱۱	۱۲/۸۹	۱۵/۱۹> زمان اندازه‌گیري شده > ۶/۸۱

Archive of SID

www.SID.ir

ب - احراز اعتبار مدل زمان بارزدن به‌وسیله لودر

به‌منظور احراز اعتبار مدل بارزدن به‌وسیله لودر همانند روشی که برای اسکیدر تاف به‌کار رفته است، اقدام گردید. در این مرحله نیز اطلاعات زمان‌سنجی مربوط به دو نوبت بارزدن به‌وسیله لودر را قبل از اتمام تجزیه و تحلیلها به‌طور تصادفی از داده‌های جمع‌آوری شده جدا کرده و در تهیه مدل دخالت ندادیم که پس از برازش مدل رگرسیونی از آنها برای تعیین اعتبار مدل استفاده گردیده است. بدین منظور تعداد گرده‌بینه و حجم هر گرده‌بینه در هر نوبت بارزدن در مدل قرار گرفت و زمان بارزدن محاسبه گردید. حدود اعتماد مدل در سطح ۵٪ و ۱٪ خطا مستقیماً به‌وسیله نرم‌افزار SPSS به‌دست آمده است.

تعداد گرده‌بینه (اصله)	حجم بار (مترمکعب)	
۱۳	۲۶/۱۸	نمونه ۱
۹	۱۸/۳۱	نمونه ۲
۱۴/۱۲= زمان اندازه‌گیری شده حقیقی	۱۴/۴۷ = زمان برآورد شده از مدل	نمونه ۱
۱۱/۰۷= زمان اندازه‌گیری شده حقیقی	۱۲/۸۹ = زمان برآورد شده از مدل	نمونه ۲

چون زمان اندازه‌گیری شده بین دو حد به‌دست آمده قرار دارد، پس مدل از اعتبار آماری لازم برخوردار است (جدول ۵).

ج - احراز اعتبار مدل حمل بار به‌وسیله تریلی

برای احراز اعتبار مدل، اطلاعات مربوط به دو نوبت حمل بار به‌وسیله تریلی در نظر گرفته شده است. بدین منظور تعداد گرده‌بینه و حجم گرده‌بینه در هر نوبت حمل بار، حجم گرده‌بینه و فاصله حمل از محل دپوی جنگل تا دپوی کارخانه را در مدل قرار داده و زمان حمل محاسبه گردیده است. حدود اعتماد مدل در سطح ۵٪ و ۱٪ خطا به‌وسیله افزار spss به‌دست آمده است.

جدول ۵ - نتایج حاصل از بارزدن به‌وسیله مدل

زمان اندازه‌گیری شده (دقیقه)	زمان بارزدن حاصل از مدل (دقیقه)	حدود اعتماد
۱۴/۱۲	۱۴/۴۷	۱۷/۹۲> زمان اندازه‌گیری شده > ۱۳/۳۷
۱۱/۰۷	۱۲/۸۹	۱۴/۵۸> زمان اندازه‌گیری شده > ۹/۶۳

تعداد گرده‌بینه (اصله)	حجم بار (مترمکعب)	فاصله حمل چوب از جنگل تا کارخانه (کیلومتر)	
۷	۱۵/۴۱	۵۸	نمونه ۱
۱۴	۱۵/۵۳	٤٤	نمونه ۲
۱۳۲ = زمان اندازه‌گیری شده		۱۲۸/۹٤ = زمان برآورد شده از مدل	نمونه ۱
۱۲۰ = زمان اندازه‌گیری شده		۱٤۱/۸٤ = زمان برآورد شده از مدل	نمونه ۲

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که زمانهای چوبکشی حاصل از مدل در هر نوبت به احتمال ۹۹٪ در محدوده حدود اعتماد قرار دارند. پس مدل از اعتبار آماری لازم برخوردار است (جدول٦).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- نتایج حاصل ازحمل بار به‌وسیله مدل

زمان حقیقي حمل بار (دقیقه)	زمان حمل بار حاصل از مدل (دقیقه)	حدود اعتماد
۱۳۲	۱۲۸/۹۴	۱۴۸/۷۲> زمان اندازه‌گیري شده >۱۱۰/۲۸
۱۲۰	۱۴۱/۸۴	۱۵۲/۷۲> زمان اندازه‌گیري شده >۱۱۹/۷۱

محاسبه میزان تولید در سیستم چوبکشي و حمل گرده‌بینه

میزان تولید در سیستم کشیدن گرده‌بینه به‌وسیله اسکیدر تاف و نیز بارزدن و حمل آن به‌وسیله تریلی‌های چوبکش عبارت است از میزان متوسط حجم چوب خارج شده در حمل و نقل اولیه و ثانویه در واحد زمان به‌وسیله ماشین‌آلات یاد شده که به‌وسیله رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{میزان تولید (مترمکعب/ ساعت)} = \frac{\text{چوب کشیده شده به‌وسیله اسکیدر و حمل شده به‌وسیله تریلی (مترمکعب)}}{\text{کل زمان صرف شده (ساعت)}}$$

در نتیجه میزان تولید به‌شرح جدول ۷ خواهد بود.

جدول ۷- میزان تولید به‌وسیله اسکیدر تاف، لودر و تریلی چوبکش

نوع سیستم کشیدن و حمل گرده‌بینه	میزان تولید (مترمکعب/ ساعت)
اسکیدر TAF 655	۱۰/۲۶
لودر VOLVO 4500 BM	۵/۴۹
تریلي VOLVO N 12	۵/۷۹

متوسط مؤلفه‌های حاصل از یک نوبت چوبکشی به‌وسیله اسکیدر تاف در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸ - نتایج حاصل از کشیدن چوب به‌وسیله اسکیدر تاف در منطقه مورد مطالعه

متوسط فاصله چوبکشي (متر)	متوسط شیب مسیر چوبکشي (درصد)	متوسط تعداد گرده‌بینه (اصله)	متوسط حجم گرده‌بینه (مترمکعب)	متوسط زمان رفت خالي (دقیقه)	متوسط زمان برگشت (دقیقه)	متوسط کل زمان‌توقف (دقیقه)	متوسط زمان‌خالص چوبکشي (دقیقه)	متوسط کل‌زمان چوبکشي (دقیقه)
۳۶۸/۶	-۱۳/۱۸	۱/۷	۳/۴	۶/۵۳	۵/۷۱	۲/۳۵	۱۶/۲۸	۱۸/۶۳

اثر متغیرها در زمان چوبکشی به‌وسیله اسکیدر و حمل چوب به‌وسیله تریلی‌های چوبکش

الف- اجرای مدل در سیستم چوبکشی به‌وسیله اسکیدر تاف

در این سیستم اثر متغیرهای فاصله چوبکشی، تعداد درخت، درصد شیب و حجم گرده‌بینه در هر نوبت چوبکشی بر روی زمان چوبکشی مورد بررسی قرار گرفت.

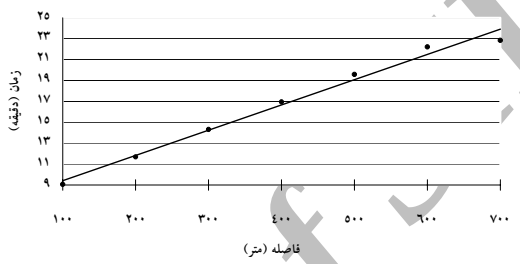
Archive of SID

www.SID.ir

۱ – فاصله چوبکشی: در این مرحله با تغییر فاصله چوبکشی از۱۰۰ تا ۷۰۰ متر و ثابت نگهداشتن سایر متغیرها (برابر میانگین) زمان چوبکشی محاسبه گردید. بدین وسیله اثر این متغیر در زمان چوبکشی مشخص و نتایج در جدول ۹ و شکل ۱ آمده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود با افزایش فاصله چوبکشی، زمان چوبکشی به‌صورت خطی افزایش می‌یابد.

جدول ۹- اثر تغییر فاصله بر زمان چوبکشی در اسکیدر تاف

فاصله چوبکشي (متر)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰
زمان چوبکشي (دقیقه)	۹/۰۶	۱۱/۶۹	۱۴/۳۲	۱۶/۹۵	۱۹/۵۸	۲۲/۲۱	۲۴/۸۴

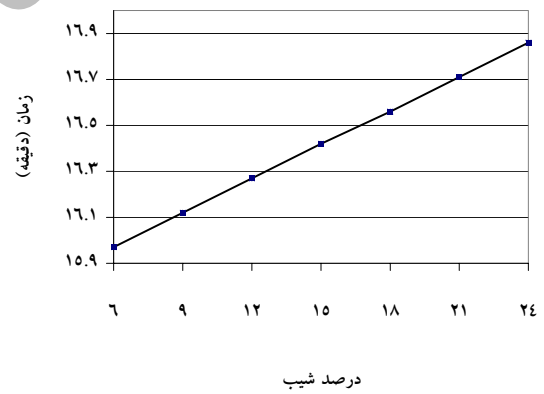


شکل ۱- اثر تغییر فاصله چوبکشی بر زمان چوبکشی در اسکیدر تاف

۲ – اثر شیب مسیر چوبکشی بر زمان چوبکشی: در این مرحله با تغییر شیب و ثابت نگهداشتن سایر متغیرها در مدل، زمان چوبکشی محاسبه شده است (جدول ۱۰ و شکل ۲).

جدول ۱۰- اثر تغییر شیب مسیر چوبکشی بر زمان چوبکشی در اسکیدر تاف

شیب مسیر چوبکشي (درصد)	-۶	-۹	-۱۲	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴
زمان چوبکشي (دقیقه)	۱۵/۹۷	۱۶/۱۲	۱۶/۲۷	۱۶/۴۲	۱۶/۵۶	۱۶/۷۱	۱۶/۸۶



شکل ۲- اثر تغییر شیب بر زمان چوبکشی در اسکیدر تاف

Archive of SID

www.SID.ir

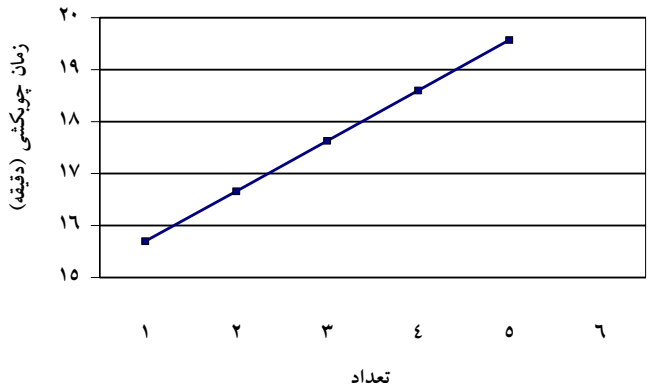
با توجه به اینکه جهت چوبکشی به‌سمت پایین دامنه بوده است، با افزایش شیب منفی مسیر چوبکشی، زمان چوبکشی به‌صورت خطی افزایش می‌یابد.

۳- اثر تعداد گرده‌بینه بر زمان چوبکشي در اسکیدر تاف

در این مرحله با تغییر تعداد گرده‌بینه از ۱ تا ۵ اصله در مدل رگرسیون و ثابت نگهداشتن سایر متغیرها (برابر میانگین) زمان چوبکشی محاسبه گردید. بدین وسیله اثر این متغیر در زمان چوبکشی مشخص و نتایج در جدول ۱۱ و شکل ۳ آمده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود با افزایش تعداد گرده‌بینه، زمان چوبکشی به‌صورت خطی افزایش می‌یابد.

جدول ۱۱- اثر تغییر تعداد گرده‌بینه بر زمان چوبکشی در اسکیدر تاف

تعداد گرده‌بینه	۱	۲	۳	۴	۵
زمان چوبکشي (دقیقه)	۱۵/۷۰	۱۶/۶۶	۱۷/۶۳	۱۸/۶۰	۱۹/۵۷



شکل ۳- اثر تغییر تعداد گرده‌بینه بر زمان چوبکشی در اسکیدرتاف

۴- اثر حجم گرده‌بینه در زمان چوبکشي در اسکیدر تاف

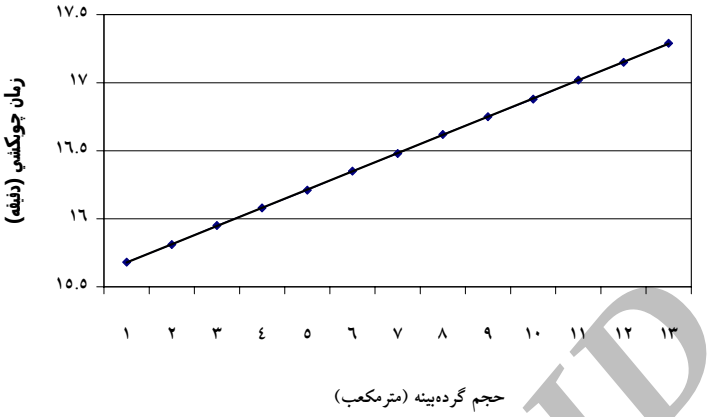
در این مرحله با تغییر حجم گرده‌بینه از ۱ تا ۷ مترمکعب در مدل رگرسیون و ثابت نگهداشتن سایر متغیرها، زمان چوبکشی محاسبه گردید. با تغییر حجم، زمان چوبکشی به‌صورت خطی افزایش می‌یابد (جدول ۱۲ و شکل ٤).

جدول ۱۲- اثر تغییر حجم گرده‌بینه روی زمان چوبکشی در اسکیدر تاف

حجم گرده‌بینه (مترمکعب)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
زمان چوبکشي (دقیقه)	۱۵/۶۸	۱۵/۹۵	۱۶/۲۱	۱۶/۴۸	۱۶/۷۵	۱۷/۰۲	۱۷/۲۹

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤- اثر تغییر حجم گرده‌بینه بر زمان چوبکشی در اسکیدر تاف

ب - اجرای مدل در بارزدن به‌وسیله لودر

در این مرحله اثر متغیرهای حجم گرده‌بینه و تعداد گرده‌بینه در هر نوبت بارزدن تریلی به‌وسیله لودر بررسی گردید.

۱ - تعداد گرده‌بینه: با تغییر تعداد گرده‌بینه در هر نوبت بارزدن تریلی از ٤ تا ۱۸ اصله و ثابت نگهداشتن متغیر دیگر، زمان یک نوبت بارزدن با استفاده از مدل رگرسیون تهیه شده به‌دست آمد. در نتیجه با افزایش تعداد گرده‌بینه، زمان بارزدن به‌صورت خطی افزایش می‌یابد.

۲ - حجم گرده‌بینه: با تغییرحجم گرده‌بینه در هر نوبت بارزدن تریلی از ۵ تا ۲۰ مترمکعب و ثابت نگهداشتن متغیر دیگر، زمان یک نوبت بارزدن به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد.

ج- اجرای مدل در سیستم حمل چوب به‌وسیله تریلی‌های چوبکش

در این مرحله متغیرهای فاصله حمل، حجم گرده‌بینه و تعداد گرده‌بینه در هر نوبت مورد بررسی قرار گرفته است.

۱ - فاصله حمل: با تغییر فاصله حمل از ۲۰ تا ۲۰۰ کیلومتر و ثابت نگهداشتن سایر متغیرها با استفاده از مدل رگرسیون، زمان یک نوبت حمل گرده‌بینه از دپوی جنگل تا دپوی کارخانه محاسبه و در نتیجه با افزایش فاصله حمل، زمان حمل چوب به‌صورت خطی افزایش می‌یابد.

۲ - حجم بار: با تغییر حجم گرده‌بینه حمل شده از ۵ تا ۳۰ مترمکعب در مدل ارائه شده و با ثابت نگهداشتن سایر متغیرها (برابر میانگین) زمان یک نوبت حمل چوب به‌دست آمد. در نتیجه در اثر افزایش حجم گرده‌بینه، زمان حمل کاهش می‌یابد. جدول ۱۳ اثر حجم گرده‌بینه را در زمان حمل نشان می‌دهد.

جدول۱۳- اثر حجم گرده‌بینه بر زمان حمل به‌وسیله تریلی چوبکش

حجم گرده‌بینه (مترمکعب)	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
زمان حمل (دقیقه)	۱۲۰/۱۲	۱۱۸/۴۲	۱۱۶/۷۲	۱۱۵/۰۲	۱۱۳/۳۲	۱۱۱/۶۲

۳ - تعدادگرده‌بینه: با تغییر تعداد گرده‌بینه از ۴ تا ۱۶ اصله و ثابت نگهداشتن سایر متغیرها در مدل، زمان حمل برابر جدول ۱۴ به‌دست آمد. با افزایش تعداد گرده‌بینه، زمان حمل به‌صورت خطي افزایش مي‌یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۴- اثر تغییر تعداد گرده‌بینه بر زمان حمل به‌وسیله تریلی

تعداد گرده‌بینه (اصله)	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶
زمان حمل (دقیقه)	۱۱۶/۵۴	۱۱۸/۹۶	۱۲۱/۳۸	۱۲۳/۸۰	۱۲۶/۲۲	۱۲۸/۶۴	۱۳۱/۰۶

نتایج حاصل از اجزاي چوبكشي و حمل چوب از جنگل

در یک چرخه چوبکشی به‌وسیله اسکیدر تاف بیشترین زمان مربوط به زمان رفت خالی اسکیدر، به‌طور میانگین برابر ۶/۵۳ دقیقه و پس از آن زمان بازگشت به دپو ۵/۷۱ دقیقه بوده است. بنابراین ماشین با بار در حرکت رو به پایین سریعتر حرکت کرده است. زمان جابه‌جا کردن گرده‌بینه در دپو ۱/۲۰ دقیقه و کمترین زمان مربوط به زمان بستن کابل به درخت و زمان کشیدن کابل می‌باشد. مجموع زمان وینچینگ شامل زمان کشیدن کابل، زمان بستن کابل به دور درخت و زمان جمع کردن کابل، ۲/۲۲ دقیقه به‌دست آمده است. بنابراین بعد از مرحله زمان رفت خالی، زمان بازگشت بیشترین زمان را (۱۴٪) در چرخه‌کاری دارا می‌باشد. با توجه به اینکه چوبکشی در جهت منفی (رو به پایین) انجام می‌گیرد، بارهای با وزن زیاد روی سرعت اسکیدر اثر گذاشته و در نتیجه باعث شتاب گرفتن ماشین و کاهش کنترل راننده می‌گردد. در این مرحله زمان توقف در چوبکشی با اسکیدر به‌طور میانگین برای هر نوبت ۲/۳۵ دقیقه بوده که در این میان بیشترین آن مربوط به توقف شخصی (۱/۱۳ دقیقه) بوده است. جدول ۱۵ و شکل ۵ یک چرخه کاری در اسکیدر تاف را نشان می‌دهد.

در چرخه بارزدن به‌وسیله لودر، بیشترین زمان مربوط به زمان انتخاب و بارگیری بوده که در این مرحله راننده لودر با انتخاب گرده‌بینه‌هایی که به‌وسیله اسکیدر به محل دپو آورده شده‌اند (با توجه به اندازه و قطر آنها) به‌سمت تریلی حرکت می‌کند. زمان استقرار و زمان بارزدن و ردیف کردن بار بر روی تریلی زمانهای بعدی را تشکیل می‌دهند.

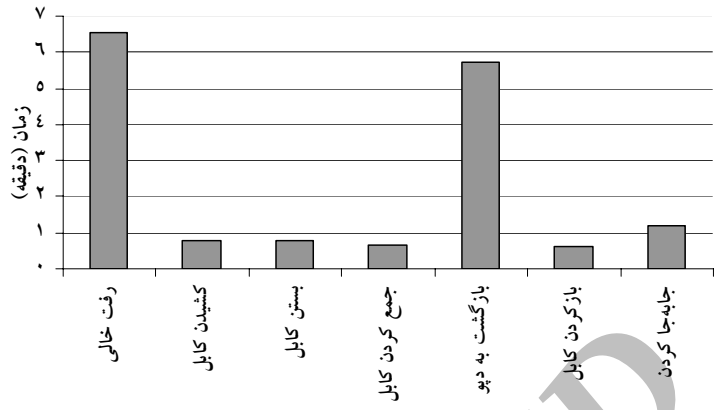
در حمل چوب به‌وسیله تریلی‌های چوبکش، بیشترین زمان مربوط به حمل گرده‌بینه از جنگل تا کارخانه می‌باشد. ۱۲۴/۱۶ دقیقه به‌طور میانگین برای هرنوبت حمل و بعد از آن زمان رفت خالی تریلی با ۹۲/۴۴ دقیقه و زمان انتخاب و بارگیری، زمان استقرار و زمان بارزدن و ردیف کردن به‌ترتیب زمانهای بعدی را تشکیل می‌دهند: ۹/۸۴، ۲/۸۲، ۲/۶۱ دقیقه. در نهایت کل زمان رفت و برگشت برای هر نوبت به‌طور میانگین ۲۱۴/۸۷ دقیقه به‌دست آمده است. در این مرحله زمان توقف به‌طور میانگین برای هر نوبت حمل بار ۵/۱۷ دقیقه بوده که در این میان بیشترین آن مربوط به توقف اجرایی (۴/۲۱ دقیقه) بوده است. جدول ۱۶ و شکل ۶ یک چرخه‌کاری در چوبکشی به‌وسیله تریلی را نشان می‌دهد.

جدول ۱۵- یک چرخه‌کاری در چوبکشی به‌وسیله اسکیدر تاف

زمان رفت خالي اسکیدر(دقیقه)	زمان کشیدن کابل (دقیقه)	زمان بستن کابل به دور درخت	زمان جمع‌کردن کابل (دقیقه)	زمان بازگشت به دپو(دقیقه)	زمان بازکردن‌کابل در دپو(دقیقه)	زمان‌جابجاکردن (دقیقه)
۶/۵۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۶۷	۵/۷۱	۰/۶۲	۱/۲۰

Archive of SID

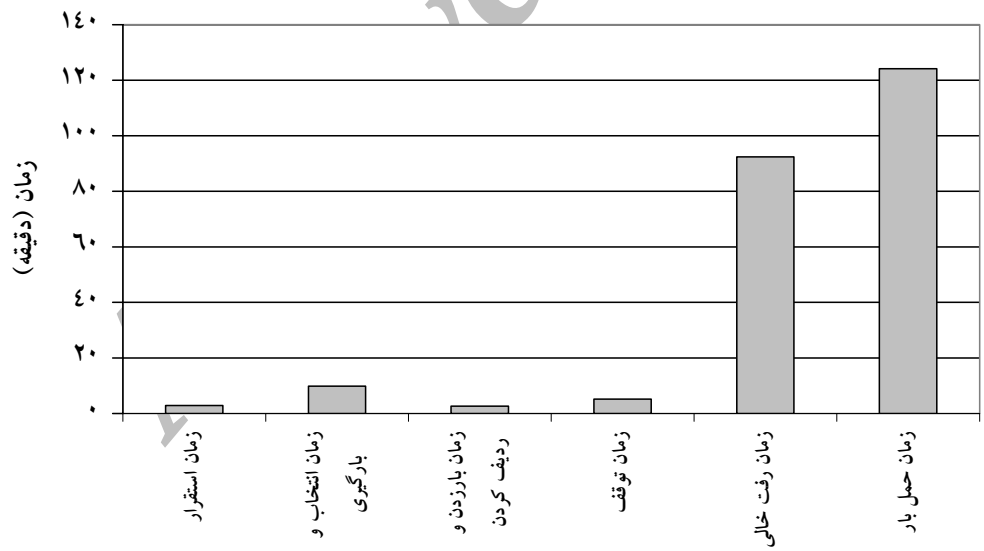
www.SID.ir



شکل ۵- مراحل مختلف یک چرخه کاری در اسکیدر

جدول ۱۶- یک چرخه‌کاری در بارگیری و حمل چوب به‌وسیله تریلی

زمان رفت خالي تريلي(دقيقه)	زمان حمل با بار (دقيقه)	زمان توقف (دقيقه)	زمان بارزدن و رديف كردن (دقيقه)	زمان انتخاب و بارگيري (دقيقه)	زمان استقرار تريلي (دقيقه)
۱۲۲/۱۸	۹۴/۴۵	۵/۱۷	۲/۶۵	۹/۷۹	۲/۸۲



شکل ٦- مراحل مختلف یک چرخه‌کاری در بارگیری و حمل چوب به‌وسیله تریلی

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

با بررسی‌های انجام شده متغیرهای مؤثر در چوبکشی و حمل و نقل گرده‌بینه شناسایی و نقش آنها در افزایش و یا کاهش زمان چوبکشی مشخص گردید. با توجه به مدلهای ارائه شده می‌توان زمان چوبکشی و حمل و در نتیجه هزینه چوبکشی را پیش‌بینی نمود. همچنین با تغییر مقادیر متغیرها و ترکیب مناسب آنها با توجه به شرایط و نتایج به‌دست آمده می‌توان در طرحهای بهره‌برداری و مدیریت جنگل استفاده نمود.

در عملیات چوبکشی با اسکیدر، فاصله چوبکشی بیشترین تأثیر را بر مدل و زمان یک نوبت چوبکشی داشته است. با افزایش فاصله چوبکشی، اسکیدر در هر روز تعداد کمتری گرده‌بینه را خارج می‌نماید (زمان چوبکشی افزایش می‌یابد). در نتیجه حجم کمتری از چوب در هر ساعت از منطقه مورد بهره‌برداری خارج می‌شود. بنابراین با طراحی دقیق مسیرهای چوبکشی براساس فواصل اقتصادی مناسب می‌توان هزینه‌های چوبکشی را کاهش داد (اقتصادی،۱۳۷۰).

مجموع کل زمان چوبکشی به‌وسیله اسکیدر ۸۰۱/۱۰ دقیقه بوده که به‌طور متوسط زمان یک نوبت چوبکشی ۱۸/۶۳ دقیقه می‌باشد. بیشترین زمان را در روند چوبکشی به‌ترتیب زمان رفت خالی، زمان بازگشت به دپو، زمان جابه‌جا کردن گرده‌بینه در دپو و از توقف‌ها، زمان توقف شخصی دارا بوده است. در این مرحله مشخص شد که سرعت حرکت ماشین با بار سریعتر از حرکت خالی ماشین بوده است، بنابراین چوبکشی در شیب منفی نقش عمده‌ای در سرعت ماشین داشته است. برای مقابله با این امر می‌توان با اصلاح شیب مسیر چوبکشی زمان رفت را کاهش داد و نیز با احداث دپوهای مناسب زمان جابجا نمودن گرده‌بینه را که به‌علت عدم وجود دپو می‌باشد کم نمود که در نتیجه هزینه چوبکشی کاهش می‌یابد. برای کاهش زمان توقف شخصی می‌توان با مدیریت بهتر و کنترل و تنظیم برنامه کاری از وجود کارگران بهتر استفاده نمود. میزان تولید با احتساب زمان توقف به‌وسیله اسکیدر تاف ۱۰/۲۶ مترمکعب در ساعت به‌دست آمد که در مقایسه با تحقیقات (جورغلامی، ۱۳۸٤) که میزان تولید اسکیدر تیمبرجک را در خیرودکنار (۸/۸۸ مترمکعب) به‌دست آورده نزدیک می‌باشد. همچنین این نتایج با مطالعات (نقدی، ۱۳۸۳) که در مورد اسکیدر تیمبرجک انجام داده است، مطابقت دارد. با توجه به این‌که میزان تولید با احتساب زمان توقف، ۱٤٪ از تولید خالص کمتر است با مدیریت بهتر و جلوگیری از توقفها به‌ویژه توقف شخصی که ۵۰٪ توقفها را شامل می‌شود، می‌توان تولید را ۱٤٪ افزایش داد. متغیر تعداد گرده‌بینه در هر نوبت چوبکشی تأثیر زیادی در افزایش زمان چوبکشی دارد. بستن چند گرده‌بینه به پشت اسکیدر باعث می‌شود بار به‌خوبی روی مالبند اسکیدر قرار نگرفته و در مسیر حرکت به درختان و خاک آسیب برساند و از سرعت حرکت اسکیدر بکاهد. همچنین استفاده از چوکر برای جلوگیری از پاره شدن کابل و باز شدن آن مفید بوده و می‌تواند زمانهای توقف فنی ناشی از عملیات چوبکشی را کاهش دهد.

در رابطه با بارزدن به‌وسیله لودر، از مجموع ۱۲۰٦/۸ دقیقه (۲۰/۱۱ساعت) عملیات بارزدن، متوسط زمان بارزدن در هر نوبت به‌وسیله لودر با احتساب زمان توقف، ۱۲/٦۵ دقیقه می‌باشد. در این بررسی زمان بارزدن و زمان انتخاب گرده‌بینه بیشترین زمان و بعد از آنها زمان استقرار و زمان ردیف کردن می‌باشد. زمان توقف در هر نوبت بارزدن ٦/۱۸ دقیقه بوده که ۵۰٪ زمان یک نوبت بارگیری را تشکیل می‌دهد. در این مرحله توقف اجرایی بیشترین زمان را شامل می‌شود (۸۰٪ از زمانهای توقف). این امر به‌علت عدم برنامه‌ریزی افراد و دیر رسیدن لودر به محل و نیز نبودن اره موتورچی برای قطع قسمتهای اضافی اتفاق می‌افتد که می‌توان با برنامه‌ریزی صحیح، گرده‌بینه‌هایی را که به‌وسیله اسکیدر به محل دپو آورده

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شوند باتوجه به ابعاد، دسته‌بندی نمود تا در موقع بارگیری به‌وسیله لودر زمان کمتری صرف شود.

در مورد حمل گرده‌بینه به‌وسیله تریلی‌های چوبکشی، کل زمان رفت و برگشت ۲۰۷/۷۲ ساعت بوده که در این روند بیشترین زمان را زمان حمل بار و بعد از آن زمان رفت خالی تشکیل می‌دهد. برای کاهش زمان حمل در این مرحله بهترین راه افزایش سرعت حمل می‌باشد. درصورتی‌که سرعت به دو برابر برسد، زمان حمل بار نصف خواهد شد. بنابراین هزینه حمل نیز کاهش خواهد یافت. در این صورت هر تریلی می‌تواند بیش از یک نوبت در روز نسبت به حمل چوب اقدام نماید. برای نیل به این مقصود می‌توان استانداردهای جاده را بهتر نموده و از کامیونها و تریلی‌های مناسب استفاده نمود. همچنین با تنظیم زمان حرکت تریلی‌ها می‌توان زمان استقرار را کاهش داد. این امر سبب کاهش ترافیک در محل دپو و افزایش سرعت حرکت تریلی‌ها بعد از بارگیری خواهد شد.

منابع مورد استفاده

- اقتصادی، ع.، ۱۳۷۰. فواصل اقتصادی کشیدن و حمل و نقل گرده‌بینه در حوزه نکاچوب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی کرج. دانشگاه تهران. ۱۳۳ صفحه.
- جورغلامی، م.، ۱۳۸٤. ارزیابی کارائی، نرخ تولید و هزینه دو نوع ماشین چوبکشی بزرگ و کوچک مقیاس (مطالعه موردی تاف و تیمبرجک). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی کرج. دانشگاه تهران. ۱۱۲ صفحه.
- زبیری، م.، ۱۳۷۳. آماربرداری در جنگل. انتشارات دانشگاه تهران. ٤۰۱ صفحه.
- سبحانی، ه. و قاسم‌زاده، ر.، ۱۳٦۸. بررسی عوامل مؤثر بر یک ماشین چوبکش چرخ لاستیکی، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ٤۳: ٦٤-۵۳.
- سبحانی، ه.، ۱۳۷۷. بررسی لزوم کاربرد سیستم کابل هوائی. مجله منابع طبیعی ایران، (۱)۱۵: ۹۷-۸۷ .
- فقهی، ج.، ۱۳٦۸. ارزشیابی دو سیستم مکانیزه بهره‌برداری جنگل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی کرج. دانشگاه تهران. ۱۳۵ صفحه.
- مدینه‌ای، ض.، ۱۳٦۷. طرح تجدید نظر جنگلداری دارابکلا. اداره کل منابع طبیعی منطقه ساری. ۸۵ صفحه.
- مصطفی‌نژاد، س.ر.، ۱۳۸۵. مقایسه کشیدن چوب به بالا و پائین دامنه با اسکیدر در طرح جنگلداری نکا-ظالمرود.، مجله منابع طبیعی ایران، (۲)۵۹: ٤۱۱ - ٤۰۳.
- نقدی، ر.، ۱۳۸۳. بررسی عملکرد (تولید و هزینه) اسکیدر چرخ لاستیکی تیمبرجک مدل 450C در جنگلهای حوزه شفارود گیلان. مجله منابع طبیعی ایران. (٤)۵۷: ٦۸٦ - ٦۷۵.
- Adams,T.C., 1965. High-lead logging cost as related to log size and other variables. USDA Forest Serv. Res. Pap. Northwest Forest and Range Exp. Stn., Portland, Oreg. PNW- 23,38p.
- Brown, M. D, Guimier, S., Mercier, Y. Proven, H and Turcotte, P., 2002. Multi DAT and Opti-Grade: Two knowledge- based electronic solutions for managing forestry operation more efficiently. In: Kellogg, L. B, Spong and P, Licht., (eds.) Proceedings of the wood for Africa Forest engineering conference,. South Africa, 2-3 July, 2002: 45-49.
- Heinemann, H. R., 2004. Forest operation under mountainous conditions. In: J. Burley, Evans and J, Youngquist., (eds.). Encyclopedia of forest sciences, Elsevier Academic Press: Amsterdam,: 279-285.
- Hill, S., 1992. Downhill extraction with a D5H grapple tracked skidder. Logging industry research organization, New Zealand, 17(3): 7 P.
- Lanford, B.L., Sobhany, H. and Stokes, B.J., 1986. Tree-Length loading production rates for southern pine. Forest prod. J., 33(10): 43-46.
- Stenzel, G., 1972. Logging and Pulp Wood Production. Wiley Interscience Publication. 453p.
- Sundberg, U., 1963. Some views on the theory of planning a forest road network in non-alpine regions. Log/Symposium /1.16, 13 P.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of wood productivity rate in primary and secondary transportation in Nekachub region

A. Eghtesadi [1]

1- Assis. Prof., Research Institute of Forests and Rangelands. E-mail: eghtesadi@rifr-ac.ir.

Abstract

Wood transportation from cutting areas to saw mills includes two phases; 1) transport of logs from cutting areas to road side (primary transportation) by skidder and 2) wood hauling by logging tracks from road side to saw mills (second transportation). The goal of the current study was to evaluate the total time skidding and wood transportation and production rate of skidder and logging trucks and effective factors of logging operation in Nekachoub area, north of Iran. In this study, based on data from continuous time studies for different phases, 45 and 60 turns were recorded on skidder and logging trucks, respectively. Collected data were analyzed by mathematical model of skidding time by TAF skidder, including winching distances, slope, number and volume of logs and hauling time, hauling distances, number and volume of logs. The results showed that submitted models were valid for skidding and hauling times. Thus, logging cost would be calculated. In this research, production rate for TAF skidder, wood transportation by logging trucks from road side (landing in forest) to saw mill depot by truck were 10.26 m^3/hr and 5.79 m^3/hr, respectively.

Key words: TAF Skidder, machine rate, model of skidding turns time, wood transportation, logging.

Archive of SID

www.SID.ir