



دانشگاه گولستان

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد شانزدهم، شماره دوم، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

بررسی عملکرد اقتصادی عملیات خاکی بولدوزر کوماتسو D60 در جنگل سری لولت - ساری

*آیدین پارساخو^۱، سیدعطاءالله حسینی^۲، مجید لطفعلیان^۲ و حمید جلیوند^۲

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

^۲استادیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده

در این پژوهش مقدار تولید و هزینه ساعتی عملیات خاکی بولدوزر کوماتسو D60 در جاده‌های جنگلی درجه دو سری لولت واقع در حوزه آبخیز رودخانه تجن مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا اجزای کار روزانه عملیات خاکی، شامل زمان مفید و غیرمفید، تأخیرات فنی، اجرایی و شخصی طی ۱۲ روز و در دامنه‌های موجود در دو شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد و ۵۰ تا ۷۰ درصد زمان‌سنجی شد. مقدار تولید روزانه با برداشت پروفیل‌های عرضی مسیر پیش‌بر و نهایی در فواصل ۲۰ متر و محاسبه حجم عملیات خاکی به‌دست آمد. هزینه ساعتی بولدوزر و سیستم به‌روش معمول برآورد شد. نتایج آزمون توکی نشان داد که بین طول مسیر احداث شده در شیب‌های ۳۰ تا ۵۰ درصد و ۵۰ تا ۷۰ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. این موضوع در مورد حجم عملیات خاکی نیز صادق بود. اما با افزایش شیب دامنه، حجم ساعتی عملیات خاکی و حجم کار به‌ازای هر متر احداث مسیر افزایش پیدا کرد و در مقابل از میزان پیشرفت طولی کار کاسته شد. مقدار تولید عملیات خاکی بولدوزر طی زمان مفید انجام کار در شیب ۳۰ تا ۷۰ درصد، ۱۴۴/۹۲ مترمکعب در ساعت و ۲۲/۸۷ متر طول در ساعت بود. هزینه بولدوزر و سیستم به‌ترتیب ۱۲۱۸۹۰/۷ و ۲۸۶۸۹۰/۷ ریال در ساعت برآورد شد. در نهایت از تقسیم

* مسئول مکاتبه: persian3064aidin@yahoo.com

هزینه ساعتی سیستم بر مقدار تولید، هزینه تولید سیستم به دست آمد که در شیب ۳۰ تا ۷۰ درصد برای هر مترمکعب ۱۹۷۹/۶۵ ریال و برای هر متر عملیات خاکی ۱۲۵۴۴/۴۱ ریال بود.

واژه‌های کلیدی: بولدوزر کوماتسو D60، عملیات خاکی، زمان‌سنجی، تولید، هزینه

مقدمه

امروزه ماشین‌آلات عمرانی، سهم عمده‌ای از هزینه‌های یک پروژه عمرانی را به خود اختصاص داده و پروژه را در یک محدوده امکان‌پذیر تا سودآور تحت تأثیر قرار می‌دهند (معینی، ۲۰۰۴). بنابراین آگاهی از هزینه‌های ساعتی هر واحد تولید دستگاه و کنترل دقیق جریان کار و ثبت رویدادها و جزئیات آن توسط روش‌های زمان‌سنجی، به‌عنوان یک اهرم قوی برای مدیریت مناسب و استفاده بهینه از امکانات و نیروی کار تلقی می‌شود (نقدی و همکاران، ۲۰۰۵). در پروژه‌های عمرانی کشور از جمله ساخت جاده‌های جنگلی، سدسازی و اجرای خطوط لوله، نقش ماشین‌های بولدوزر در اجرا و پشتیبانی از جمله فعالیت‌های بسیار مهم و حیاتی است، به گونه‌ای که عدم خدمت‌رسانی مناسب این ماشین می‌تواند باعث به تعویق افتادن پروژه از برنامه شود و حتی تا مرز توقف کامل کلیه فعالیت‌ها نیز پیش رود (سبط و همکاران، ۲۰۰۶؛ بهبهانی و منصورخاکی، ۲۰۰۶).

تولید ساعتی ماشین‌آلات عمرانی، در واقع حجم عملیات خاکی در یک ساعت برحسب متر یا مترمکعب می‌باشد. بازده زمانی نیز از نسبت بین ساعات انجام کار مفید به کل ساعات کار برنامه‌ریزی شده یا انجام شده به دست می‌آید. مقدار تولید عملیات خاکی بولدوزر به وزن دستگاه، قدرت موتور، مسافت جابه‌جایی خاک، حجم کار (مترمکعب در هر متر)، شیب دامنه و نوع تیغه بستگی دارد (ابیلی، ۱۹۸۵). ضمن آن که تراکم، بافت، رطوبت و عمق خاک، سنگی بودن منطقه، تعداد کننده در مسیر احداث جاده، شرایط اقلیمی و مهارت راننده نیز بر میزان حجم عملیات خاکی در واحد زمان مؤثر می‌باشند (هارلا، ۱۹۷۳).

با بررسی میزان تولید و هزینه عملیات خاکی بولدوزر کاتریپلار D8 در کشور کانادا مشخص شد که تولید این دستگاه در حجم کار ۶/۱۲ مترمکعب در هر متر، ۱۳۲/۹ مترمکعب در ساعت و هزینه تولید آن ۰/۴۶ دلار کانادا برای هر مترمکعب عملیات خاکی بود (نیجی، ۱۹۷۸). میزان تولید و هزینه ماشین‌های عمرانی انگلندوزر نیز در جنگل‌های معتدله کشور اتریش مورد مطالعه قرار گرفت. این پژوهش

هنگام عملیات خاکی و احداث جاده‌های جنگلی درجه دو به پهنای ۴/۵ متر انجام شد. نتایج نشان داد که مقدار تولید انگلدوز در شیب‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به ترتیب ۱۲ تا ۱۵، ۹ تا ۱۲ و ۶ تا ۹ متر در ساعت بود. هزینه ساخت این جاده‌ها نیز در شیب‌های یاد شده به ترتیب ۲/۵ تا ۳، ۳ تا ۴ و ۴ تا ۶ دلار در متر برآورد شد (سدلاک، ۱۹۸۵).

در پژوهشی دیگر، میزان تولید و هزینه عملیات خاکی بولدوزرهای کاتریپلار D4، D6 و تراکتور فوردکانتی ۱۱۶۴ در منطقه آروشا کشور تانزانیا مورد ارزیابی قرار گرفت. منطقه مورد مطالعه در شیب ۱۰ تا ۴۰ درصد قرار داشته و بافت خاک آن اغلب شنی رسی بود. نتایج نشان داد که میزان تولید بولدوزرهای D4، D6 و تراکتور فورد کانتی با متوسط مسافت حمل خاک ۳۰ متر به ترتیب ۱۲۹، ۴۱ و ۲۸/۱ مترمکعب در ساعت و ۴۲/۶، ۱۸/۳ و ۱۵/۶ متر در ساعت بود. هزینه تولید این سه ماشین نیز به ترتیب ۰/۴۹، ۰/۷۹ و ۰/۷۶ دلار در هر مترمکعب برآورد شد (ایبلی، ۱۹۹۳). ضمن آن که کتابچه راهنمای اجرایی ماشین‌آلات عمرانی شرکت کاتریپلار (۱۹۸۲)، میزان تولید استاندارد برای بولدوزرهای D4 و D6 را به ترتیب ۵۴/۴ و ۱۲۲/۳ مترمکعب در ساعت عنوان کرد. مطالعه عملکرد بولدوزر کاتریپلار D4 هنگام احداث جاده‌های جنگلی در کشورهای در حال توسعه مشخص ساخت که میزان تولید این دستگاه در فیلیپین ۲۵ مترمکعب در ساعت (دپاک، ۱۹۷۸) و در ایران ۲۷ مترمکعب در ساعت بود (ادموند و هاو، ۱۹۸۰).

گروه منابع طبیعی ارلثان آمریکا (۲۰۰۳) در گزارش‌های خود درباره برنامه حفاظت و احیاء اکوسیستم کاروک در کالیفرنیا، هزینه کل احداث جاده را به هزینه‌های پرسنلی، ماشین‌آلات و مدیریت آنها، تدارکات، حمل و نقل و تکمیل کار (تسطیح و روسازی) تقسیم کرد. هزینه پرسنلی به رانندگان ماشین‌آلات (لندرور، بیل هیدرولیکی کاتریپلار ۳۳۰، بولدوزر کاتریپلار D8، کامیون)، ناظران اجرای پروژه و کارگران تعلق یافت که حدود ۳۹/۵۹ درصد از کل هزینه‌ها را شامل شد. هزینه ساعتی ماشین‌آلات راه‌سازی و مدیریت آنها بیشترین سهم از کل هزینه‌ها را تشکیل داد (۴۸/۹۶ درصد). هزینه تدارکات ۲/۳۹ درصد، هزینه حمل و نقل خاک توسط کامیون برای هر متر ۰/۶۶ درصد و هزینه تکمیل کار ۸/۴۱ درصد بود.

در این مقاله سعی شده است تا با بهره‌گیری از دستورالعمل‌های کاربردی موجود در کشور، عملکرد اقتصادی بولدوزر کوماتسو D60 شامل زمان‌سنجی جریان کار، میزان تولید عملیات خاکی، بهای ساعتی سیستم (مجموع نرخ ماشین، هزینه لندرور و پرسنل) و ماشین و هزینه تولید عملیات خاکی به تفکیک و

تنها برای منطقه مورد مطالعه بحث و بررسی شود. به این منظور یکی از پروژه‌های جاده‌سازی که به صورت پیمانی در جنگل‌های سری لولت با بولدوزر مورد نظر در حال اجرا بود، مورد پژوهش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد پژوهش در سری لولت با مساحت ۱۷۸۱ هکتار واقع شده است. این سری در بخش دو جنگل‌های حوزه آبخیز شماره ۷۱ رودخانه تجن استان مازندران و بین طول شرقی "۵۳°۸'۲۰" تا "۵۳°۱۲'۵۰" و عرض شمالی "۳۶°۱۳'۴۰" تا "۳۶°۱۷'۴۵" قرار دارد. سری لولت براساس اقلیم نمای آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد می‌باشد. داده‌های ثبت شده در ایستگاه هواشناسی سلیمان‌تنگه نشان می‌دهد که متوسط ریزش‌های جوی سالانه در این منطقه ۶۱۰ میلی‌متر است. اکثر نقاط سری لولت از رسوبات دوران سوم (پالئوژن و نئوژن) تشکیل یافته و فقط مختصری از رسوبات کرتاسه در آن مشاهده می‌شود. عملیات خاکی و ساخت جاده‌های جنگلی در قطعات ۲، ۳، ۴ و ۵ سری لولت در تیر ماه سال ۱۳۸۶ توسط بولدوزر کوماتسو D60 انجام شد. حدود ارتفاعی این قطعات ۴۰۰ تا ۹۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. خاک عمیق تا نیمه‌عمیق و بافت آن غالباً لومی بوده و از سنگ مادر، مارن، مارن آهکی و سنگ آهک تشکیل یافته است. هوا در روزهای جمع‌آوری اطلاعات به‌طور عموم نیمه‌ابری تا تمام ابری بود. متوسط درجه حرارت هوا ۲۲ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی در ساعت ۹ و ۱۵ به ترتیب ۷۱ و ۷۸ درصد گزارش شد (طرح جنگلداری سری لولت، ۱۹۹۴).

روش مطالعه: در این تحقیق ۲/۵ کیلومتر از جاده‌های جنگلی درجه دو که در امتداد مسیر پیش‌بر (تافرو) قطعات ۲، ۳، ۴ و ۵ توسط بولدوزر چرخ زنجیری کوماتسو D60 با قدرت موتور ۲۲۰ اسب بخار و تیغه زاویه‌ای (ظرفیت ۵ مترمکعب) در حال احداث بود، مورد بررسی قرار گرفت. لازم به‌ذکر است که مسیر پیش‌بر قبل از آغاز عملیات جاده‌سازی، به‌منظور خارج نمودن چوب حاصل از قطع درختان نشانه‌گذاری شده در امتداد مسیر جاده اصلی طراحی و احداث می‌شود. زمان‌سنجی، برداشت پروفیل‌ها و محاسبه احجام عملیات خاکی در ۱۲ روز کاری و در دو شیب ۳۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۷۰ درصد انجام گرفت. در این مطالعه حداکثر مسافت خاک حمل شده توسط بولدوزر ۳۰ متر بود.

زمان‌سنجی: برای محاسبه تولید ساعتی عملیات خاکی بولدوزر، ابتدا مدت زمان کار مفید روزانه ماشین در عملیات خاکی مشخص شد. به این منظور جریان کار روزانه پروژه بدون دخالت یا تغییر

روال عادی انجام کار، با استفاده از کرنومتر و روش مطالعات زمانی پیوسته به دقت دنبال شد. سپس زمان تأخیرات فنی (شل شدن زنجیر)، اجرایی (شکستگی لوله آبرسانی و تداخل عملیات خاکی با عملیات خروج چوب) و شخصی (گفتگو از طریق تلفن همراه) با ثابت کردن تصویر زمان (بدون توقف) به دست آمد. مدت زمان کار روزانه شامل مجموع زمان مؤثر انجام کار ماشین، تأخیرهای ضروری و غیرضروری و زمان صرف غذا بود. در نهایت مدت زمان کار مفید روزانه از مجموع تأخیرات ضروری و زمان مؤثر انجام کار ماشین محاسبه شد.

محاسبه حجم عملیات خاکی: برای برآورد حجم روزانه عملیات خاکی در دو شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد و ۵۰ تا ۷۰ درصد و محدوده آنها (۳۰ تا ۷۰ درصد)، ابتدا پروفیل‌های عرضی مسیر پیش‌بر قبل از آغاز عملیات خاکی در فواصل ۲۰ متر میخ‌کوبی (پیکتاژ) شده و سپس عرض بستر، طول و زاویه دیواره‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی به کمک شیب‌سنج و متر برداشت شد. محل دقیق پروفیل‌های عرضی با تعیین آزیموت و فاصله پیکه محور مرکزی نسبت به نزدیک‌ترین نقطه ثابت (درخت) مشخص گردید. آن‌گاه پس از انجام عملیات خاکی، این پروفیل‌ها بر روی جاده بازیابی و بار دیگر برداشت شدند. در مرحله بعد پروفیل‌های عرضی مسیر پیش‌بر و نهایی بر روی کاغذ شطرنجی (مقیاس ۱:۱۰۰) ترسیم شده و سطوح خاک‌برداری و خاک‌ریزی با شمارش واحدهای شبکه به دست آمد. سپس برای محاسبه حجم عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی، معادله ۱ مورد استفاده قرار گرفت:

$$V_{i,i+1} = 0.5(A_i + A_{i+1})L_{i,i+1} \quad (1)$$

که در آن $V_{i,i+1}$ حجم عملیات خاکی در حدفاصل پروفیل‌های عرضی i و $i+1$ (مترمکعب)، $A_i + A_{i+1}$ مجموع سطوح دو پروفیل عرضی متوالی (مترمربع) و $L_{i,i+1}$ فاصله بین دو پروفیل عرضی متوالی برحسب متر می‌باشد (احتشامی، ۱۹۹۴).

پس از عملیات خاکی بر حجم خاک افزوده شده و سست تر از زمانی است که در حالت طبیعی وجود دارد. این افزایش حجم در اثر خاک‌برداری را تورم خاک می‌نامند. برای اصلاح این وضعیت، هنگام محاسبه احجام خاک‌ریزی با توجه به بافت خاک منطقه (لومی) از ضریب تبدیل ۰/۸ استفاده شد (احتشامی، ۱۹۹۴). با در اختیار داشتن زمان کار مفید روزانه و حجم روزانه عملیات خاکی، تولید عملیات خاکی بولدوزر کوماتسو D60 به دست آمد. تجزیه و تحلیل مدل رگرسیونی حجم روزانه

عملیات خاکی و طول مسیر خاک‌برداری شده و مقایسه میانگین تیمارها به‌روش آزمون توکی در نرم‌افزار SAS (۱۹۸۸) اجرا شد.

تجزیه و تحلیل بهای ساعتی: هزینه ساعتی کار بولدوزر کوماتسو D60 شامل مجموع هزینه‌های ساعتی ثابت، متغیر، پرسنلی و لندروور است. هزینه ثابت از معادله ۲ به‌دست آمد:

$$F_C = D + I + T \quad (2)$$

در این معادله D هزینه ساعتی استهلاک سرمایه، I هزینه ساعتی سود سرمایه و T هزینه بیمه، مالیات و گاراژ است. هزینه ساعتی استهلاک سرمایه به کمک معادله ۳ محاسبه شد:

$$D = \frac{P - P_s}{N} \quad (3)$$

در این معادله P قیمت خرید تمام شده، P_s قیمت اسقاطی که با توجه به قیمت بولدوزر مستهلاک شده در بازار، ۱۰ درصد قیمت خرید در نظر گرفته شد (ایبلی، ۱۹۹۳؛ نقدی و همکاران، ۲۰۰۵؛ جایروزک و همکاران، ۲۰۰۷). N عمر مفید دستگاه برحسب ساعت با کارکرد سالانه ۲۵۰۰ ساعت و عمر مفید ۲۰ سال می‌باشد که رقم مناسبی برای شرایط ایران است. به‌عبارتی عمر مفید عملی برابر با ۵۰۰۰۰ ساعت است (معینی، ۲۰۰۴). هزینه ساعتی سود سرمایه از معادله ۴ به‌دست آمد:

$$I = A \times i \quad (4)$$

در این معادله i نرخ بهره سرمایه می‌باشد که ۶ درصد در نظر گرفته شد (معینی، ۲۰۰۴). A متوسط ارزش سرمایه‌گذاری سالانه است که از معادله ۵ به‌دست آمد. در این معادله N عمر مفید بولدوزر برحسب سال می‌باشد.

$$A = \frac{(P - P_s)(N + 1)}{2N} + P_s \quad (5)$$

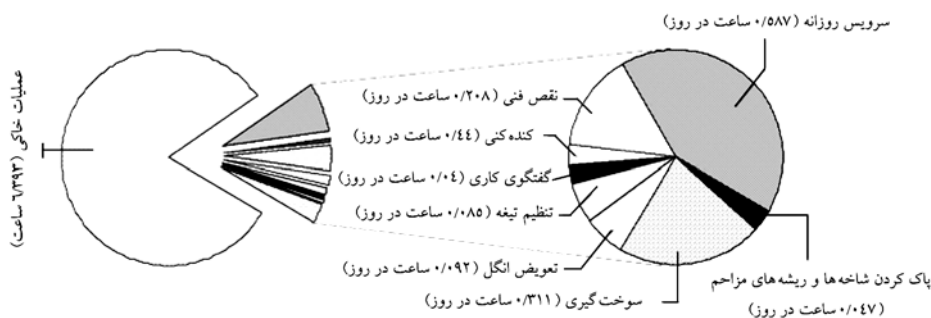
هزینه بیمه و مالیات با توجه به کل مبلغ قرار داد ثبت شده در اسناد مالی پیمانکار مربوطه و شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران محاسبه شد (۱۲٪) درصد از کل مبلغ قرارداد: ۵ درصد مالیات و ۷٪ درصد بیمه). در خصوص گاراژ چون از ایستگاه ثابت نگهداری از جنگل برای پارک دستگاه استفاده شد، بنابراین هیچ‌گونه هزینه‌ای متوجه پیمانکار نبود. هزینه ساعتی متغیر نیز شامل مجموع هزینه‌های ساعتی تعمیر و نگهداری، سوخت، فیلتر، روغن و گریس کاری، ناخن‌های ریپر، تیغه‌ها، کفشک‌ها است. هزینه تعمیر و نگهداری به کمک معادله ۶ محاسبه شد (ساریخانی، ۲۰۰۱):

$$MR = D \times F \quad (6)$$

که در آن D هزینه ساعتی استهلاک سرمایه و F ضریبی است که توسط شرکت سازنده اعلام شده و طبق فرم پیشنهادی FAO، مقدار آن برای ماشین‌آلات راه‌سازی برابر ۱ می‌باشد (ساریخانی، ۲۰۰۱). هزینه پرسنلی شامل حقوق راننده بولدوزر و کارگران است که برای محاسبه این هزینه و هزینه لندروور از اسناد مالی شرکت و نرخ پیمانکاران شاغل در آن استفاده شد. هزینه و میزان مصرف سوخت، روغن و فیلتر به کمک اطلاعات ارائه شده از سوی راننده و استعلام هزینه‌ها از بازار به دست آمد.

نتایج و بحث

نتایج زمان‌سنجی عملیات خاکی نشان داد که متوسط زمان کار برنامه‌ریزی شده یا انجام شده در سری لولت ۹/۵۳ ساعت در روز بود که از این مقدار، ۷/۸۱ ساعت در روز به انجام کار مفید، ۱/۳۹ ساعت در روز به خوردن غذا و ۰/۳۳ ساعت در روز نیز به انواع تأخیرات اجرایی و شخصی قابل اجتناب نظیر مکالمه از طریق تلفن همراه (۰/۱۸ ساعت در روز)، شکستگی لوله آب‌رسانی به روستاهای مجاور جنگل و تداخل کار بولدوزر با ماشین‌آلات حمل‌چوب (۰/۱۵ ساعت در روز) اختصاص یافت (جدول ۱). عملیات خاکی شامل برش دامنه، حمل خاک و کف‌کنی بیشترین سهم از کل زمان انجام کار مفید روزانه را تشکیل داد (۶/۳۹۳ ساعت در روز). حال آن که گفتگوی کاری به مدت ۰/۰۴ ساعت در روز، بخش ناچیزی از کل زمان کار مفید را شامل شد (شکل ۱).



شکل ۱- اجزای کار مفید روزانه ماشین ساختمانی بولدوزر کوماتسو D60 در جنگل‌های سری لولت.

میانگین حجم عملیات خاکی در شیب‌های ۳۰ تا ۵۰ درصد و ۵۰ تا ۷۰ درصد به ترتیب ۱۱۱۵/۰۳ و ۱۱۵۹/۷۲ مترمکعب در روز بود. آزمون توکی تفاوت معنی‌داری بین این دو مقدار نشان نداد.

$(P=0/7963)$ ، هر چند که حجم عملیات خاکی در شیب ۵۰ تا ۷۰ درصد تا حدودی بیشتر از شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد بود. همچنین بین متوسط طول مسیر خاک‌برداری شده در این دو شیب، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P=0/0553$). اما طول مسیر احداث شده در شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد (۲۰۳/۵۰ متر در روز) بیشتر از شیب ۵۰ تا ۷۰ درصد (۱۵۵/۶۷ متر در روز) بود. به‌طور متوسط بولدوزر کوماتسو D60 قادر بود تحت شرایط موجود در منطقه مورد مطالعه و متوسط شیب دامنه ۳۰ تا ۷۰ درصد، روزانه ۱۷۹/۵۸ متر جاده را با حجم عملیات خاکی ۱۱۳۷/۳۸ مترمکعب احداث کند (جدول ۱).

جدول ۱- داده‌های آماری مربوط به مطالعات زمانی و حجم روزانه عملیات خاکی بولدوزر کوماتسو D60

متغیر	شیب (درصد)			آمار توصیفی
	۷۰ تا ۵۰	۵۰ تا ۳۰	کل مشاهدات (۳۰ تا ۷۰)	
تعداد مشاهدات (روز)	۶	۶	۱۲	
ساعات کار برنامه‌ریزی شده (ساعت)	۹/۳۰	۹/۷۵	۹/۵۳	میانگین
	۸/۰۰	۹/۲۵	۸/۰۰	حداقل
	۱۰/۰۰	۱۰/۵۸	۱۰/۵۸	حداکثر
	۰/۷۶	۰/۴۷	۰/۶۵	انحراف معیار
ساعات کار مفید (ساعت)	۷/۵۳	۸/۰۸	۷/۸۱	میانگین
	۵/۹۴	۷/۷۵	۵/۹۴	حداقل
	۸/۵۰	۸/۶۴	۸/۶۴	حداکثر
	۰/۹۰	۰/۳۶	۰/۷۲	انحراف معیار
ساعات صرف غذا (ساعت)	۱/۳۵	۱/۴۳	۱/۳۹	میانگین
	۰/۶۸	۱/۱۲	۰/۶۸	حداقل
	۱/۵۸	۱/۵۶	۱/۵۸	حداکثر
	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۲۵	انحراف معیار
حجم عملیات خاکی (مترمکعب)	۱۱۵۹/۷۲	۱۱۱۵/۰۳	۱۱۳۷/۳۸	میانگین
	۷۴۹/۵۰	۸۰۵/۲۰	۷۴۹/۵۰	حداقل
	۱۵۶۸/۰۰	۱۴۴۷/۲۵	۱۵۶۸/۰۰	حداکثر
	۳۲۷/۳۸	۲۵۱/۵۷	۲۷۹/۳۳	انحراف معیار
طول مسیر خاک‌برداری شده (متر)	۱۵۵/۶۷	۲۰۳/۵۰	۱۷۹/۵۸	میانگین
	۹۰/۰۰	۱۴۶/۰۰	۹۰/۰۰	حداقل
	۱۹۹/۰۰	۲۵۰/۰۰	۲۵۰/۰۰	حداکثر
	۳۹/۳۳	۳۷/۰۶	۴۴/۱۷	انحراف معیار

با توجه به مدت زمان کار مفید روزانه دستگاه و مقدار تولید عملیات خاکی روزانه، تولید ساعتی عملیات خاکی بولدوزر کوماتسو D60 در هر شیب و در حالت کلی محاسبه شد. نتایج نشان داد که با افزایش شیب دامنه، شدت و حجم ساعتی عملیات خاکی افزایش پیدا کرد اما در مقابل طول مسیر احداث شده کاهش یافت. در شیب ۳۰ تا ۷۰ درصد، بازده زمانی عملیات خاکی بولدوزر ۴۹/۰۸ دقیقه در ساعت بود. حجم کار خاک برداری نیز ۶/۵۴ مترمکعب در متر برآورد شد. مقدار تولید عملیات خاکی بولدوزر در شیب ۳۰ تا ۷۰ درصد ۱۴۴/۹۲ مترمکعب در ساعت و ۲۲/۸۷ متر در ساعت به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۲- مشخصات اجرایی بولدوزر چرخ زنجیری کوماتسو D60 در سری لولت.

بازده زمانی (دقیقه در ساعت)	مقدار تولید		حجم کار خاک برداری (مترمکعب در هر متر)	سن دستگاه (سال)	مشخصات تولید شیب
	(متر در ساعت)	(مترمکعب در ساعت)			
۴۹/۸۰	۲۵/۳۶	۱۳۷/۹۶	۵/۶۲	۲۵	۳۰ تا ۵۰ درصد
۴۸/۶۰	۲۰/۳۷	۱۵۱/۸۹	۷/۴۶	۲۵	۵۰ تا ۷۰ درصد
۴۹/۰۸	۲۲/۸۷	۱۴۴/۹۲	۶/۵۴	۲۵	کل (۳۰ تا ۷۰ درصد)

نتیجه تجزیه واریانس مدل رگرسیونی نشان داد که رابطه خطی معنی داری بین طول مسیر خاک برداری شده و حجم عملیات خاکی در شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد وجود نداشت ($r^2=0/0006$). اما در شیب ۵۰ تا ۷۰ درصد رابطه خطی معنی داری بین این دو متغیر مشاهده شد. معادله حاصل از این رابطه به صورت $y=7/7664x-49/248$ است که امکان پیش بینی تقریبی حجم عملیات خاکی روزانه (y) را با توجه به طول مسیر خاک برداری شده (x) میسر می سازد. ضریب تبیین (r^2) این مدل ۰/۸۷ بود. مدل رگرسیون خطی متغیرهای طول مسیر و حجم عملیات خاکی برای مجموع مشاهدات در شیب ۳۰ تا ۷۰ درصد معنی دار نبود ($r^2=0/16$).

تجزیه و تحلیل بهای ساعتی بولدوزر کوماتسو D60 طی مدت زمان کار مفید عملیات خاکی در سری لولت و براساس قیمت بازار در سال ۱۳۸۶ نشان داد که نرخ ماشین (مجموع هزینه های ساعتی ثابت و متغیر) ۱۲۱۸۹۰/۷ ریال در ساعت و هزینه سیستم (مجموع هزینه های ساعتی نرخ ماشین، پرسنل و لندروور) ۲۸۶۸۹۰/۷ ریال در ساعت بود (جدول های ۳، ۴ و ۵).

جدول ۳- مقادیر مصرفی و هزینه ساعتی روغن، گریس و فیلتر بولدوزر کوماتسو D60 در منطقه مورد پژوهش.

مشخصات	روغن و فیلتر	روغن	روغن	روغن	روغن	روغن	گریس
	موتور	گیربکس	هیدرولیک	چرخ و رولیک	واسکازین	فیلتر دو	فیلتر
کارکرد (ساعت)	۱۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۰۰
مقدار مصرفی	۴۲ لیتر	۱۰۰ لیتر	۷۰ لیتر	۴۰ لیتر	۱ عدد	۱ عدد	۵ کیلو
قیمت واحد (ریال)	۱۱۰۰۰	۱۱۰۰۰	۸۰۰۰	۹۰۰۰	۷۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱۲۰۰۰
دفعات تعویض در سال	۲۵	۵	۵	۲	۲۵	۲۵	۱۳
هزینه ساعتی (ریال)	۴۶۲۰	۲۲۰۰	۱۱۲۰	۲۸۸	۷۰۰	۵۰۰	۳۱۲

جدول ۴- هزینه ساعتی و کارکرد قطعات تحت فرسایش بولدوزر کوماتسو D60 در منطقه مورد پژوهش.

مشخصات	پیم و ناخن ریبر	کفشک زنجیر	رولیک	تیغه‌های زیرین	تیغه‌های کناری
کارکرد (سال)	۵	۵	۵	۳	۳
تعداد	۳	۸۰	۹	۲	۲
قیمت واحد (ریال)	۴۶۰۰۰۰	۵۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰
هزینه ساعتی (ریال)	۱۱۰/۴	۳۲۰۰	۱۸۰۰	۴۰۰	۲۱۳/۳

جدول ۵- محاسبه هزینه ساعتی بولدوزر چرخ زنجیری کوماتسو D60 بر مبنای قیمت بازار در سال ۱۳۸۶.

اطلاعات پایه	
قیمت تمام شده ^۱ (ریال)	۱۷۰۰۰۰۰۰۰
عمر مفید ماشین (سال)	۲۰
کارکرد سالانه (ساعت)	۲۵۰۰
کل مبلغ قرارداد (ریال)	۲۹۴۰۰۰۰۰
مصرف ساعتی سوخت گازوئیل (لیتر)	۲۰
ارزش اسقاطی ^۲ (۱۰ درصد قیمت تمام شده)	۱۷۰۰۰۰۰۰۰
متوسط ارزش سرمایه‌گذاری سالانه ^۳ (ریال)	۹۷۳۲۵۰۰۰۰
نرخ بهره سرمایه (درصد)	۶
هزینه بیمه و مالیات: ۱۲/۷ درصد از کل مبلغ قرارداد	
قیمت هر لیتر گازوئیل (ریال)	۱۶۰

1- Delivered Price

2- Salvage Value

3- Average Annual Investment

آیدین بارساخو و همکاران

ادامه جدول ۵-

اطلاعات پایه	
هزینه‌های ساعتی ثابت	
۲۳۳۵۸	هزینه ساعتی سود سرمایه (ریال)
۳۰۶۰۰	هزینه ساعتی استهلاک ^۱ (ریال)
۷۲۶۲۷	[مجموع هزینه‌های ساعتی ثابت (ریال)]
۱۸۶۶۹	هزینه ساعتی بیمه و مالیات (ریال)
هزینه‌های ساعتی متغیر	
۳۲۰۰	هزینه ساعتی سوخت (ریال)
۳۰۶۰۰	هزینه ساعتی تعمیر و نگهداری (ریال)
۱۲۰۰	هزینه ساعتی فیلتر (ریال)
۸۲۲۸	هزینه ساعتی روغن (ریال)
۵۷۲۳/۷	هزینه ساعتی قطعات تحت فرسایش (ریال)
۳۱۲	هزینه ساعتی گریس کاری (ریال)
۴۹۲۶۳/۷	[مجموع هزینه‌های ساعتی متغیر (ریال)]
۱۸۰۰۰	[هزینه ساعتی لندروور (ریال)]
۱۴۷۰۰۰	[هزینه ساعتی پرسنلی (ریال)]

با در اختیار داشتن مقدار تولید ساعتی عملیات خاکی بولدوزر و هزینه ساعتی سیستم، هزینه تولید از معادله ۷ محاسبه شد:

$$(۷) \quad \text{هزینه سیستم (ریال/ساعت)} = \frac{\text{مقدار تولید (متر یا مترمکعب/ساعت)}}{\left(\frac{\text{ریال}}{\text{مترمکعب یا متر}} \right) \times \text{هزینه تولید}}$$

ریال $۱۹۷۹/۶۵ = ۱۴۴/۹۲ \div ۲۸۶۸۹/۷ =$ هزینه تولید

ریال $۱۲۵۴۴/۴۱ = ۲۲/۸۷ \div ۲۸۶۸۹/۷ =$ هزینه تولید

بنابراین هزینه تولید عملیات خاکی بولدوزر کوماتسو D60 در شیب ۳۰ تا ۷۰ درصد سری لولت، ۱۹۷۹/۶۵ ریال برای هر مترمکعب و ۱۲۵۴۴/۴۱ ریال برای هر متر عملیات خاکی بود.

نتایج این بررسی نشان داد که مقدار تولید عملیات خاکی بولدوزر کوماتسو D60 (به روش جانبی) در جاده‌های جنگلی درجه دو با متوسط عرض بستر ۶/۵ متر (در امتداد مسیر پیش‌بر با متوسط عرض ۴/۲ متر) و با حداکثر مسافت حمل خاک ۳۰ متر در زمین‌های لومی (متشکل از شن، ماسه و رس)، ۱۴۴/۹۲ مترمکعب در ساعت و ۲۲/۸۷ متر در ساعت بود (جدول ۲) که نتایج یافته‌های ابیلی (۱۹۹۳) بیانگر آن است. وی مقدار تولید عملیات خاکی بولدوزر کاترپیلار D6 که از نظر ابعاد و مشخصات فنی مشابه بولدوزر کوماتسو D60 می‌باشد را ۱۲۹ مترمکعب در ساعت و ۴۲/۶ متر در

1- Depreciation Cost

ساعت برآورد کرد که حجم ساعتی عملیات خاکی آن (۱۲۹ مترمکعب) کمتر از مقدار به‌دست آمده در این پژوهش می‌باشد. این موضوع احتمالاً به دلیل مسافت بیشتر حمل خاک و کمتر بودن قدرت موتور بولدوزر کاتریپلار D6 (۱۴۰ اسب بخار) نسبت به کوماتسو D60 (۲۲۰ اسب بخار) است. رقم مربوط به طول مسیر خاک‌برداری شده نیز تقریباً دو برابر مقدار تولید بولدوزر کوماتسو D60 در این پژوهش بود. به نظر می‌رسد که دو برابر بودن حجم کار خاک‌برداری بولدوزر کوماتسو D60 (۶/۵۴ مترمکعب در هر متر) نسبت به بولدوزر کاتریپلار D6 (۳ مترمکعب در هر متر) باعث شده تا طول مسیر احداث شده توسط بولدوزر مورد بررسی ایبلی (۱۹۹۳) بیشتر از رقم به‌دست آمده در این تحقیق باشد. ضمن آن‌که کتابچه راهنمای اجرایی ماشین‌آلات عمرانی شرکت کاتریپلار (۱۹۸۲)، میزان تولید استاندارد برای بولدوزرهای D6 را ۱۲۲/۳ مترمکعب در ساعت عنوان کرد که با توجه به قدرت موتور این نوع بولدوزرها، رقم به‌دست آمده در این تحقیق مورد تأیید می‌باشد. لازم به ذکر است که پیش از آغاز عملیات خاکی در جنگل‌های لولت، اکثر کنده‌های موجود طی احداث مسیر پیش‌بر ریشه‌کن شدند. عمل ریشه‌کشی کنده‌ها در تحقیق صورت گرفته در تانزانیا بدون احداث مسیر پیش‌بر انجام شده بود. در تحلیل مدل رگرسیون خطی حجم روزانه عملیات خاکی و طول مسیر احداث شده توسط بولدوزر کاتریپلار D6، رابطه خطی معنی‌داری بین این دو متغیر مشاهده نشد. اما در مورد بولدوزر کاتریپلار D4، معادله $y=69/8+1/7x$ به‌دست آمد (ایبلی، ۱۹۹۳). در بررسی حاضر معادله $y=7/766x-49/248$ برای پیش‌بینی حجم روزانه عملیات خاکی بولدوزر کوماتسو D60 با توجه به طول مسیر احداث شده در شیب ۵۰ تا ۷۰ درصد به‌دست آمد. احتمالاً احداث قوس، پیچ سرپانتین، گریزگاه و دپو در مناطق کم‌شیب باعث شد تا رابطه معنی‌داری بین حجم عملیات خاکی و طول مسیر احداث شده در شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد و محدوده ۳۰ تا ۷۰ درصد مشاهده نشود.

مقدار تولید عملیات خاکی انگلدوزر در شیب‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد جنگل‌های معتدله کشور اتریش به ترتیب ۱۲ تا ۱۵، ۹ تا ۱۲ و ۶ تا ۹ متر در ساعت بود (سدلاک، ۱۹۸۵)، که این روند نزولی در نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز مشاهده شد. به طوری که در شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد متوسط طول مسیر خاک‌برداری شده ۲۵/۳۶ متر در ساعت برآورد شد. حال آن‌که در شیب ۵۰ تا ۷۰ درصد، رقم ۲۰/۳۷ متر در ساعت به‌دست آمد. البته آزمون توکی در رابطه با مقادیر تولید، تفاوت معنی‌داری بین این دو شیب نشان نداد که احتمالاً احداث مسیر پیش‌بر تا حدود زیادی بر نمود بیشتر این تفاوت تأثیرگذار بود (جدول ۲).

هزینه تولید عملیات خاکی بولدوزرهای کاتریپلار D8 (نیجی، ۱۹۷۸) و D6 (ایلی، ۱۹۹۳) به ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۴۹ دلار در هر مترمکعب محاسبه شد. در این بررسی هزینه تولید بولدوزر کوماتسو D60، ۱۹۷۹/۶۵ ریال برای هر مترمکعب عملیات خاکی به دست آمد که با توجه به ارزش هر دلار (۹۲۳۵ ریال)، رقمی معادل ۰/۲۱ دلار را به خود اختصاص داد (جدول ۵). ضمن آن که در تحقیق حاضر مقدار هزینه ساعتی پرسنلی و لندروور بیشتر از هزینه ساعتی بولدوزر (نرخ ماشین) بود، در حالی که در برنامه حفاظت و احیاء اکوسیستم کاروک در کالیفرنیا (۲۰۰۳)، هزینه ساعتی ماشین آلات راه سازی و مدیریت آنها بیشترین سهم از کل هزینه ها را در بر می گرفت (۴۸/۹۶ درصد). طولانی بودن عمر مفید عملی (حداقل ۲۰ سال) و کارکرد سالانه (۲۵۰۰) بیشتر ماشین آلات عمرانی در کشور ما نسبت به کشورهای توسعه یافته (حداقل ۱۰ سال با کارکرد سالانه ۲۰۰۰ ساعت)، باعث شده تا هزینه ساعتی پرسنلی و لندروور از هزینه ساعتی ماشین بیشتر شود.

با بررسی اجزای کار مفید روزانه دستگاه مشخص شد که ۰/۲۰۸ ساعت در روز از کل زمان کار مفید (۷/۸۱ ساعت در روز)، به رفع نواقص فنی ماشین اختصاص یافت (شکل ۱) که این مسأله به دلیل فرسوده بودن بولدوزر به خصوص زنجیر آن بود (۲۵ سال). در حالی که در کشورهای پیشرفته، با ورود ماشین آلات جدید به عرصه ساخت و ساز، ماشین آلات قدیمی و در واقع تکنولوژی کهنه آنها از رده خارج شده و جای خود را به تجهیزات جدیدتر می دهد. در کشور ما به دلایل گوناگون اقتصادی، سیاسی و فرهنگی، تجهیزات و تکنولوژی موجود به سال ها و چه بسا دهه های گذشته برگشته و این موضوع باعث می شود که بخشی از زمان کار مفید به آماده سازی و تعمیر آنها اختصاص یابد. نظارت نداشتن دقیق بر جریان کار، برنامه ریزی نادرست، مشارکت ندادن افراد بومی، سهل انگاری و آگاهی نداشتن از شرایط محیط کار باعث شد تا ۰/۳۳ ساعت در روز از کل زمان کار برنامه ریزی شده (۹/۵۳ ساعت در روز) به انواع تأخیرات شخصی و اجرایی بیانجامد. به این ترتیب با آگاهی از مقدار تولید و هزینه ساعتی عملیات خاکی ماشین آلات تحت شرایط مختلف می توان گام مثبتی جهت انتخاب نوع ماشین، تعیین نیروی کار، برنامه ریزی و مدیریت مناسب برداشت. البته در این خصوص پیشنهاد می شود که مطالعات دقیق تری بر روی ماشین های با عمر، مدل و مشخصات فنی متفاوت انجام گیرد.

منابع

1. Abeli, W.S. 1985. Forest road planning and control by mathematical programming and time study analysis. Ph.D. Thesis, Sokoine University of Agriculture, Morogoro., 229p.
2. Abeli, W.S. 1993. Comparing Productivity and Costs of Three Subgrading machines. *Journal of For. Eng.*, 5: 1. 33-39.
3. Behbahani, H., and Mansourkhaki, A. 2006. Construction planning, equipment and methods. Iran science. Industry univ. Press, 380p. (In Persian).
4. Caterpillar Performance handbook. 1982. Edition 13th, USA. 544p.
5. Deepak, L. 1978. Men or Machine a study of labour capital substitution in road construction in Philippine. ILO, Geneva., 45p.
6. Ehteshami, M. 1994. Road construction, Geometric Design and Foundation. Azad Islamic University of Tehran, Press, 447p. (In Persian).
7. Edmond, G.A., and Howe, J.D. 1980. Roads and resources. Appropriate technology in road construction in developing countries. ILO Intermediate Technology Press Ltd, London, 87p.
8. Haarlaa, R. 1973. Maaston vaikutuksesta metsäteiden rakennukseen (On the effect of terrain on forest road construction). *Silva Fennica*, 7: 284-309.
9. Jiroušek, R., Klvač, R., and Skoupý, A. 2007. Productivity and costs of the mechanized cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations. *Journal of For. Sci.*, 53: 10. 476-482.
10. Management plan forest handbook of Lolet. 1994. The natural resources general office of Mazandaran province. Department of Forests and Rangelands, 380p. (In Persian).
11. Moeini, M. 2004. Applied algorithm hourly rate analysis of construction equipments. First international conference of project management, Tehran, 16p. (In Persian).
12. Naghdi, R., Rafatnia, N., Sobhani, H., Jalali, Gh., and Hosseini, S.M. 2005. A survey of the efficiency of Timberjack C450 wheeled skidder in Shafaroud Forests in Guilan Province. *Iranian, Journal of Natur. Resour*, 57: 2. 675-687. (In Persian).
13. Nagy, M.M. 1978. Productivity and cost of four subgrade construction machines. *FERIC Technical Report Vancouver Canada*, 28: 50p.
14. Orleans Department of Natural Resources of California. 2003. Karuk Ecosystem Restoration Program, Final Report, 39p.
15. SAS Institute. 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03. SAS Institute, Cary, NC, 74p.
16. Sabt, M.H., Nilforoshan, A., Shafiei, K., and Fardad, F. 2006. The role of increasing the construction equipments technology in projects utilization. Seventh International Congress on Civil Engineering, 8p. (In Persian).
17. Sarikhani, N. 2001. Forest Utilization. Tehran Univ. Press, 728p. (In Persian).
18. Sedlak, O. 1985. Forest road planning, location and construction techniques on steep terrain. Logging and transport in steep terrain. *FAO Forestry Paper*, FAO, Rome, 14: 37-54.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 16(2), 2009
www.gau.ac.ir/journals

A Survey of the Economical Performance of Komatsu D60 Bulldozer Earth Working Operations in Lolet-Sari Forest

***A. Parsakhoo¹, S.A. Hosseini², M. Lotfalian² and H. Jalilvand²**

¹Former M.Sc. Student of Forestry, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Assistant Prof., Dept. of Forestry, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

In this research the productivity and cost of Komatsu D60 bulldozer in earth working operations of secondary forest road was studied in Lolet forests, lied in one of the Tajan river watersheds. The daily work elements of the machine including productive time, unproductive time, technical, operational and personal delays for 12 days and in two slopes of 30 to 50 and 50 to 70 percents were investigated by time study method. To estimate the daily productivity, the cross sections of road were taken every 20 meters and then their section areas were calculated. The hourly cost of bulldozer and system was estimated by conventional method. Comparison of the results by Tokey test showed no significant difference between the length of constructed road in the slopes 30 to 50 and 50 to 70 percents. This was also true for earth working volume, but, hourly earth working volume and work volume in each meter of the road increased with increasing the hillside gradient and the length of constructed road was reduced. The mean production rates for bulldozer in the slopes 30-70 percents in productive time were 144.92 m³/h and 22.87 m/h. The hourly costs for the bulldozer and system were estimated 121890.7 and 286890.7 rials, respectively. Finally, the costs of each cubic meter of the earth work and each meter of the road excavation by bulldozer in the slopes 30 to 70 percents were 1979.65 and 12544.41 rials, respectively.

Keywords: Bulldozer Komatsu D60, Earth working, Time study, Productivity, Cost

* Corresponding Author; Email: persian3064aidin@yahoo.com

