فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۳ شماره ۲، صفحه ۳۳۱-۳۲۰، (۱۳۹۴)

برآورد هزینه و میزان تولید در ساخت جاده جنگلی با استفاده از ترکیب ماشین‌های بیل مکانیکی و بلدوزر (مطالعه موردی: سری لیاشی‌سرا استان گیلان)

کیوان حسین‌پوراصلی[۱*]، رامین نقدی[۲] و مهرداد نیکوی[۳]

۱*- کارشناسی‌ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران، پست الکترونیک: k_h1351@yahoo.com
۲ – دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۳- استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۸

چکیده

در عملیات جاده‌سازی جنگل استفاده از ماشین‌آلاتی همچون بیل‌مکانیکی و بلدوزر بسیار متداول است و هزینه ساعتی این ماشین‌آلات سهم عمده‌ای از هزینه‌های هر پروژه جاده‌سازی را به‌خود اختصاص می‌دهد، بنابراین برآورد میزان تولید و هزینه‌های هر واحد تولید دستگاه یک اهرم قوی برای مدیریت مناسب و استفاده بهینه از ماشین‌آلات است. در سری لیاشی‌سرا واقع در حوضه ۲۷ املش در عملیات جاده‌سازی به‌دلیل ملاحظات اقتصادی و محیط زیستی، دو ماشین بیل‌مکانیکی و بلدوزر استفاده شد. ابتدا شروع عملیات خاک‌برداری با بیل مکانیکی آغاز شد و قسمت عمده کار عملیات خاکی با این ماشین انجام شد، سپس در مرحله پایانی برای تسطیح شیب و آماده کردن بستر برای شن‌ریزی از بلدوزر استفاده شد. اجزای کار روزانه عملیات خاکی شامل زمان مفید و غیرمفید، تأخیرهای فنی، اجرایی و شخصی در طبقه‌های شیب مختلف زمان‌سنجی شد. نتایج نشان داد که متوسط مقدار تولید بیل‌مکانیکی و بلدوزر در طبقه‌های شیب ۱۰ تا۳۰، ۳۰ تا۵۰ و ۵۰ تا۷۰ درصد به‌ترتیب ۷۱/۲۳، ۶۱/۴۹ و ۸۷/۱۸ مترمکعب در ساعت و ۱۳/۳۱، ۲۰/۸۷ و ۱۲/۲۸ متر طولی در ساعت است. هزینه تولید این دو ماشین در ساعت کار مفید ۸۲۶۷ ریال در مترمکعب و ۳۹۳۲۵ ریال در متر به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بلدوزر، بیل مکانیکی، جاده جنگلی، زمان‌سنجی.

مقدمه

شبکه جاده جنگلی از اصلی‌ترین ارکان مدیریت جنگل‌ها است و همواره مسائل فنی و اقتصادی آن مورد بحث و بررسی کارشناسان جنگل بوده است (Lotfalian & Parsakhoo, 2013). جاده‌های جنگلی به‌علت هزینه‌های سنگین مربوط به احداث و نگهداری و نیز اثرات منفی بر محیط زیست و حیات وحش دارای حساسیت زیادی ازنظر اقتصادی و محیط زیستی است. عملیات جاده‌سازی با اختصاص حجم زیاد سرمایه به خود از شاخصه‌های مهم هزینه در مدیریت جنگل است، به‌طوری‌که فاکتوری تعیین‌کننده در ارزیابی شبکه جاده به‌حساب می‌آید (Parsakhoo, 2008). بیل‌مکانیکی و بلدوزر بهترین ترکیب ماشین‌آلات ساختمانی برای اجرای امور راه‌سازی در جنگل هستند (Parsakhoo *et al.*, 2009)، اما مطالعات نشان داده

است که بلدوزر در شیب‌های تند، دیواره خاک‌برداری را به‌طور تقریبی عمود احداث می‌کند و این مسئله ضمن جلوگیری از استقرار طبیعی گیاهان، نرخ فرسایش‌پذیری دیواره‌ها را افزایش می‌دهد (Winkler, 1998).

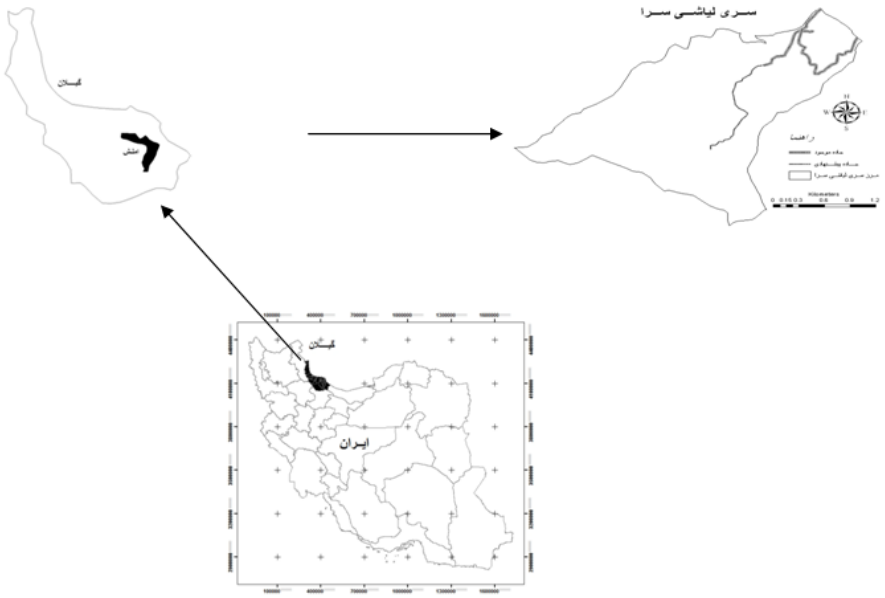
مقدار تولید عملیات‌خاکی ماشین‌آلات به فرسودگی، وزن و نوع دستگاه، قدرت موتور، شکل و حجم پاکت (جام)، مهارت راننده، ارگونومی، مسافت حمل خاک، شیب دامنه، تراکم بافت، رطوبت و عمق خاک، تعداد کنده و سنگ در مسیر احداث جاده و شرایط اقلیمی بستگی دارد (Nagy, 1978; Johansson, 1995; Chehreghani & Alipoor, 2007). سرعت عملیات ریشه‌کنی نیز به نوع و قدرت ماشین‌آلات، شیب دامنه، جنس و رطوبت خاک، وضعیت ریشه‌دوانی و قطر کنده بستگی دارد (Parsakhoo, 2009). خاکی که گستره جاده را تشکیل می‌دهد، یک ماده همگن نیست و در مناطق مختلف ویژگی‌های متفاوتی دارد. این ناهمگنی که دلیل آن اختلافات زمین ساختاری، جهت، شیب و سنگ مادر است، بر هزینه و تولید عملیات خاکی ماشین‌آلات اثر می‌گذارد (Arefian,1996; Amanzadeh,1996).

در پژوهشی با عنوان مقایسه میزان تولید و هزینه سه ماشین راه‌سازی تراکتور فورد کانتی مدل 116 و بلدوزرهای مدل‌های D4D و D6D در ساخت جاده جنگلی نشان داده شد که تفاوت در میزان تولید و هزینه ماشین‌ها به نوع و اندازه ماشین، تجربه راننده و شیب زمین بستگی دارد (Abeli, 1993). میزان تولید متوسط بلدوزر کاترپیلار مدل‌های D6D و D_4D و تراکتور فوردکانتی به‌ترتیب ۱۲۹ مترمکعب در ساعت، ۴۱ مترمکعب در ساعت و ۲۸/۱ مترمکعب در ساعت بود. بررسی میزان تولید و هزینه عملیات خاکی بلدوزر کاترپیلار D_8 در کشور کانادا مشخص کرد 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 است (Nagy, 1978). مقدار تولید و هزینه هر مترمکعب عملیات خاکی با بلدوزر و بیل مکانیکی در جنگل لولت چوب‌وکاغذ مازندران محاسبه و مشخص شد که میزان تولید بلدوزر بیشتر از بیل‌مکانیکی است. همچنین براساس نتایج پژوهش مذکور، هزینه عملیات خاکی بیل‌مکانیکی بیشتر از بلدوزر به‌دست آمد (Parsakhoo, 2008).

پژوهش پیش‌رو با هدف برآورد هزینه و میزان تولید در ساخت جاده جنگلی با استفاده از ترکیب ماشین‌های بیل مکانیکی و بلدوزر انجام شد. استفاده از نتایج این پژوهش می‌تواند گامی در جهت یاری‌رساندن به مدیریت واحد جنگلداری در راستای کاهش هزینه‌ها و استفاده بهینه از ماشین‌آلات به‌شمار آید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش در سری لیاشی‌سرا به مساحت ۲۵۷۳ هکتار از حوضه ۲۷ شهرستان املش واقع شده است. این سری بین طول جغرافیایی ″۳۶ ′۹ °۵۰ تا ″۵۳ ′۳ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ″۴ ′۰ °۳۷ تا ″۱۲ ′۰ °۳۷ شمالی و حد ارتفاعی ۱۲۰ تا ۱۴۵۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار گرفته است (شکل ۱). اراضی سری متشکل از سنگ مادر آتش‌فشانی بازالتی و خاک با عمق متوسط است که ازنظر مشخصات مکانیک خاک و براساس طبقه‌بندی یونیفاید رس با حد روانی پایین (CL) است. یال و دره‌های بزرگ و کوچک متعددی در سطح سری وجود دارد که در جهت‌های مختلف کشیده شده‌اند. شیب عرصه‌های سری به‌طور عمومی زیاد و به‌علت آبشویی بیرون‌زدگی سنگی مشاهده می‌شود. سری لیاشی‌سرا طبق اقلیم‌نمای آمبرژه دارای اقلیم مرطوب و ارتفاعات سرد است. عملیات خاکی و ساخت جاده جنگلی در تیرماه سال ۱۳۹۲ توسط دو ماشین بیل مکانیکی و بلدوزر به‌طول ۱/۶ کیلومتر انجام شد.



شکل۱- موقعیت سری مورد مطالعه

روش پژوهش

در این پژوهش ۱/۶ کیلومتر از جاده جنگلی در سری لیاشی‌سرا توسط بیل‌مکانیکی چرخ‌زنجیری کوماتسو pc_{200} با قدرت موتور ۱۸۰ اسب بخار با ظرفیت جام یک مترمکعب و بلدوزر چرخ‌زنجیری کاترپیلار D_6K با قدرت موتور ۱۲۵ اسب بخار با ظرفیت تیغه سه مترمکعب مورد بررسی قرار گرفت. لازم به یادآوری است که ابتدا ساخت جاده جنگلی با ماشین بیل‌مکانیکی آغاز شد و قسمت بیشتر زمان کل عملیات خاک‌برداری (۶۹ درصد) با این ماشین و ۳۱ درصد کار باقیمانده به‌منظور خاک‌برداری و تسطیح بستر (Subgrade excavation)، تنظیم شیب مسیر و آماده کردن بستر برای شن‌ریزی با استفاده از بلدوزر انجام شد. زمان‌سنجی، برداشت پروفیل‌ها و محاسبه حجم عملیات خاکی در هفت روز کاری در طبقه‌های ۱۰ تا۳۰، ۳۰ تا۵۰ و ۵۰ تا۷۰ درصد انجام شد. برای محاسبه تولید ساعتی عملیات خاکی دو ماشین بیل مکانیکی و بلدوزر، زمان‌سنجی عملیات خاک‌برداری و جریان کار روزانه ماشین‌آلات برای هر پروفیل به‌منظور دستیابی به متوسط زمان کار مفید انجام شد. بدین‌منظور جریان کار روزانه پروژه به‌صورت روال عادی کار، با استفاده از کرونومتر به روش مطالعات زمانی پیوسته به‌دقت دنبال شد، سپس تأخیرهای فنی، اجرایی و شخصی با ثابت کردن تصویر زمان (بدون توقف) به‌دست آمد. مدت‌زمان کار روزانه شامل مجموع زمان مؤثر انجام کار ماشین و تأخیرها و زمان صرف غذا بود. مدت‌زمان کار مفید روزانه از مجموع تأخیرها و زمان مؤثر انجام کار ماشین محاسبه شد. به‌منظور برآورد حجم عملیات خاکی، ابتدا نقشه پروفیل طولی تهیه شد و پروفیل عرضی مسیر پیش از آغاز انجام عملیات خاکی در فاصله‌های ۲۰ متر و نشانه‌گذاری با استفاده از GPS و با تعیین آزیموت و فاصله پیکه محور مرکزی پروفیل‌ها نسبت به نزدیک‌ترین نقطه ثابت (درخت) خارج از حریم راه برداشت شد. متوسط شیب دامنه در محل برداشت پروفیل‌ها از طریق نشانه‌روی با شیب‌سنج به ارتفاع برابر چشم شاخص‌های مستقر در دامنه‌های پایین‌دست و بالادست جاده تعیین شد. مرحله بعدی طبقه‌بندی شیب دامنه در محل پروفیل‌ها در طبقات ۱۰تا۳۰، ۳۰ تا۵۰ و ۵۰ تا

۷۰ درصد بود و سپس به‌طور تصادفی ۴۵ نمونه پروفیل در سه طبقه شیب مسیر و برای هر طبقه به تعداد ۱۵ نمونه براساس استفاده از رابطه تعیین تعداد نمونه (رابطه ۱) اقدام شد.

$$n = \frac{t^2 \times (s\times\%)^2}{(E\%)^2}$$ رابطه (۱)

که در آن: n تعداد نمونه، sx% مقدار انحراف‌معیار و E% مقدار حداقل اشتباه آماربرداری است. مقدار t باتوجه به تجربیات برای تعداد نمونه لازم بیشتر از ۳۰ عدد و سطح اطمینان ۹۵٪، برابر با دو درنظر گرفته می‌شود.

پس از انجام عملیات خاکی، محل تقریبی پروفیل‌های عرضی بر روی جاده با استفاده از GPS و محل دقیق آن با تعیین آزیموت و اندازه‌گیری فاصله نزدیک‌ترین نقطه ثابت (درخت) خارج از حریم راه، بازیابی و مقادیر عرض بستر، عرض عملیات خاک‌برداری، طول شیروانی خاک‌برداری و خاک‌ریزی و زاویه شیروانی‌ها به‌دست آمد. سطوح خاک‌برداری و خاک‌ریزی پروفیل‌های عرضی بر روی کاغذ شطرنجی (مقیاس ۱:۱۰۰) با ترسیم مقطع پروفیل عرضی و با شمارش واحدهای شبکه کاغذ شطرنجی به‌دست آمد. حجم عملیات خاکی با استفاده از رابطه سطوح متوسط (رابطه ۲) محاسبه شد.

$$V_{i,i+1} = \left(\frac{A_i + A_{i+1}}{2}\right) L_{i,i+1}$$ رابطه (۲)

که در آن: $Vi_{,i+1}$ حجم عملیات خاکی در حدفاصل پروفیل‌های عرضی i, i+1 برحسب مترمکعب، A_i, A_{i+1} مجموع سطوح دو پروفیل عرضی متوالی برحسب مترمربع و L_i, L_{i+1} فاصله بین دو پروفیل عرضی متوالی برحسب متر است (Nobakhat, 2002; Aruga *et al.*, 2005; Behbehani., 2009). با در اختیار داشتن زمان کار مفید روزانه برای هرکدام از ماشین‌آلات بیل‌مکانیکی و بلدوزر، متوسط مدت‌زمان کار مفید با این دو ماشین به‌دست آمد. سامان‌دهی داده‌ها با نرم‌افزار Excel انجام شد و با بهره‌گیری از آزمون کولموگروف- سمیرنوف از نرمال‌بودن توزیع داده‌ها در هر قسمت اطمینان حاصل شد. تجزیه‌وتحلیل مدل رگرسیونی حجم روزانه عملیات خاکی، طول مسیر خاک‌برداری و مقایسه میانگین متغیرها با استفاده از آزمون تجزیه‌واریانس یک‌طرفه در طبقه شیب‌های مختلف در نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

هزینه ساعتی کار ماشین‌آلات بیل‌مکانیکیPC200 و بلدوزر کاترپیلار مدل D6K شامل مجموع هزینه‌های ساعتی ثابت، متغیر، پرسنلی و لندرور است. ابتدا هزینه‌ها به‌طور جداگانه برای هرکدام از ماشین‌ها محاسبه شد، سپس با توجه به مدت‌زمان کار انجام‌شده توسط هر ماشین، متوسط هزینه ساعتی دو ماشین به‌دست آمد (FAO,1992). هزینه ساعتی ثابت (FC) از رابطه (۳) به‌دست آمد:

$$FC = D + I + T$$ رابطه (۳)

که در آن: D هزینه ساعتی استهلاک سرمایه، I هزینه ساعتی سود سرمایه و T هزینه ساعتی بیمه، مالیات و پارکینگ است. هزینه استهلاک سرمایه (D) از رابطه (۴) محاسبه شد:

$$D = \frac{P - S}{N}$$ رابطه (۴)

در این رابطه: P قیمت خرید تمام‌شده، S قیمت اسقاطی که ۱۰ درصد قیمت خرید درنظر گرفته شد و N عمر مفید ماشین‌آلات برحسب ساعت است و عبارت است از مدت‌زمانی که ماشین با کمترین میانگین هزینه کار می‌کند (FAO, 1992). عمر مفید دستگاه برحسب ساعت با کارکرد سالانه ۲۵۰۰ ساعت و عمر مفید ۲۰ سال رقم مناسب برای شرایط ایران است (Moeini, 2004). هزینه ساعتی سود سرمایه (I) از رابطه (۵) محاسبه شد:

$$I = A \times i$$ رابطه (۵)

در این رابطه: i نرخ بهره سرمایه است که ۱۲٪ در نظر گرفته شد و A متوسط ارزش سرمایه‌گذاری سالانه است که از رابطه ۶ به‌دست آمد:

$$A = \frac{(P - S)(N + 1)}{2N} + s$$ رابطه (۶)

در این رابطه: N عمر مفید دستگاه برحسب سال است. هزینه بیمه، مالیات و پارکینگ (T) از رابطه ۷ به‌دست آمد:

رابطه (۷) $T= (D+I)\times 10\%$

درخصوص هزینه پارکینگ، چون از ایستگاه ثابت نگهبانی از جنگل برای پارک‌کردن ماشین‌ها استفاده می‌شد، درنتیجه هزینه‌ای برای پیمانکار به‌همراه نداشت. هزینه نیز شامل مجموع هزینه‌های ساعتی تعمیر و نگهداری، سوخت، روغن، فیلتر، گریس‌کاری و قطعات (ناخن‌های ریپر، تیغه‌ها، کفشک‌ها) است. هزینه تعمیر و نگهداری (MR) از رابطه ۸ به‌دست آمد:

رابطه (۸) $MR = \mathrm{D} \times \mathrm{F}$

که در آن: D هزینه ساعتی استهلاک سرمایه و F ضریبی است که براساس دستورالعمل هزینه‌یابی FAO مقدار آن برای ماشین‌آلات راه‌سازی برابر یک است (Sarikhani, 2001). هزینه پرسنلی شامل دستمزد رانندگان ماشین‌آلات ساختمانی و کارگران است. هزینه لندرور نیز شامل کرایه رفت‌وبرگشت پرسنل از شرکت به محل اجرای پروژه است (FAO, 1992). هزینه و میزان مصرف سوخت، روغن و فیلتر به کمک داده‌های ارائه‌شده از سوی راننده و استعلام هزینه‌ها از بازار به‌دست آمد (جدول‌های ۱ تا ۴).

جدول ۱- هزینه ساعتی روغن، گریس و فیلتر بیل‌مکانیکی کوماتسو Pc_{200} در منطقه مورد مطالعه (۱۳۹۲)

مشخصات	روغن و فیلتر						
	روغن موتور	روغن گیربکس	روغن هیدرولیک	واسکازین چرخ‌دنده و رولیک‌ها	فیلتر روغن	فیلتر گازوئیل	فیلتر آب
کارکرد (ساعت)	۸۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۶۰	۱۶۰	۵۰۰
مقدار مصرفی	۲۵ لیتر	۸ لیتر	۲۸۵ لیتر	۵ لیتر	۱ عدد	۲ عدد	۱ عدد
قیمت واحد (ریال)	۵۷۵۰۰	۱۷۵۰۰	۱۶۵۰۰۰	۷۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰	۹۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰
تعداد تعویض در سال	۳۰	۲	۲	۲	۱۵	۱۵	۵
هزینه ساعتی (ریال)	۱۷۲۵۰	۱۱۲	۳۷۶۲۰	۲۸۰	۱۶۸۰	۱۰۸۰	۸۰۰

جدول ۲- هزینه ساعتی قطعات بیل‌مکانیکی کوماتسو Pc_{200} در منطقه مورد مطالعه (۱۳۹۲)

مشخصات	نوع قطعه		
	پین و ناخن‌های جام	کفشک زنجیر	رولیک
کارکرد (سال)	۱	۱۰	۱۰
تعداد	۴	۸۰	۹
قیمت واحد (ریال)	۵۰۰/۰۰۰	۱۱۰۰/۰۰۰	۵۸۰۰/۰۰۰
هزینه ساعتی (ریال)	۸۰۰	۳۵۲۰	۲۰۸۸

جدول۳- هزینه ساعتی روغن، گریس و فیلتر بلدوزر **D6K** در منطقه مورد مطالعه (۱۳۹۲)

مشخصات	روغن و فیلتر						
	روغن موتور	روغن گیربکس	روغن هیدرولیک	واسکازین چرخ‌دنده و رولیک‌ها	فیلتر دوبله پیچی	فیلتر سطلی	گریس
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)	۵۷۵۰۰	۱۶۵۰۰۰	۱۷۵۰۰	۷۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰	۷۰۰۰۰
تعداد تعویض در سال	۲۵	۵	۵	۲	۲۵	۲۵	۱۳
هزینه ساعتی (ریال)	۲۴۱۵۰	۳۳۰۰۰	۲۴۵۰	۲۲۴۰	۲۱۰۰	۱۴۰۰	۱۸۲۰

جدول ۴- هزینه ساعتی قطعات بلدوزر **D6K** در منطقه مورد مطالعه (۱۳۹۲)

مشخصات	نوع قطعه				
	پین و ناخن‌های ریپر	کفشک زنجیر	رولیک	تیغه‌های زیرین	تیغه‌های کناری
کارکرد (سال)	۵	۵	۵	۳	۳
تعداد	۳	۸۰	۹	۲	۲
قیمت واحد (ریال)	۹۶۰۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰۰	۵۸۰۰۰۰۰	۳۲۰۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰۰
هزینه ساعتی (ریال)	۲۳۰۴	۷۰۴۰	۴۱۷۶	۸۵۳/۳۳	۴۲۶/۶۶

نرخ ماشین در ساعات کار مفید و یا برنامه‌ریزی‌شده عبارت است از مجموع هزینه ساعتی ثابت و متغیر در ساعت کار مفید یا برنامه‌ریزی‌شده که برای برآورد هزینه تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. هزینه ساعتی سیستم عبارت است از مجموع نرخ ماشین در ساعات کار مفید یا برنامه‌ریزی‌شده با هزینه ساعتی و هزینه ساعتی پرسنلی و درنهایت هزینه واحد تولید از رابطه ۹ به‌دست آمد:

رابطه (۹)

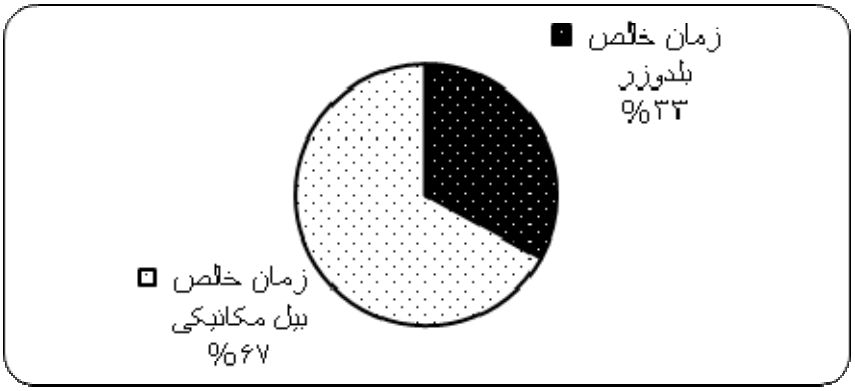
$$\frac{\text{هزینه سیستم(ریال/ ساعت)}}{\text{میزان تولید (مترمکعب/ساعت)}} = \text{هزینه تولید (ریال/متر مکعب)}$$

برای محاسبه هزینه ساعتی در ساعت کار مفید کل دو ماشین بیل مکانیکی– بلدوزر، ابتدا جداگانه هزینه ساعتی بیل‌مکانیکی چرخ‌زنجیری کوماتسو PC_{200} و بلدوزر چرخ‌زنجیری کاترپیلارمدل D6K براساس قیمت بازار در سال ۱۳۹۲ به‌دست آمد و با توجه به درصد ساعات کار هرکدام از این ماشین‌آلات، میانگین‌گیری شد و هزینه ساعتی سیستم در ساعات کار مفید و برنامه‌ریزی‌شده کل دو ماشین بیل‌مکانیکی و بلدوزر به‌دست آمد.

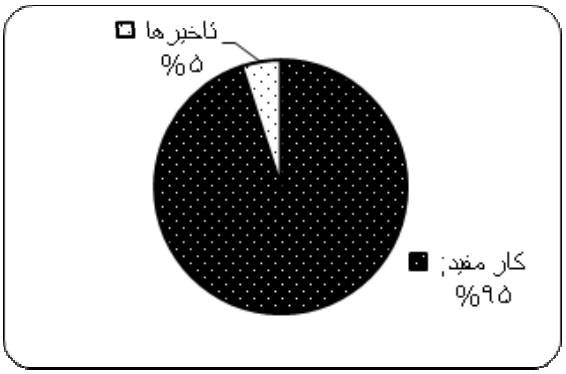
نتایج

با بررسی زمان کل و زمان خالص مشخص شد که مقدار کار انجام عملیات خاکی براساس زمان کل با بیل مکانیکی ۶۹ درصد و با بلدوزر ۳۱ درصد را به‌خود اختصاص داد و براساس زمان خالص مشخص شد که کار عملیات خاکی با بیل‌مکانیکی ۶۷ درصد و با بلدوزر ۳۳ درصد است (شکل‌های ۲ و ۳). با مطالعه زمان کل مشخص شد که کار مفید ۹۵ درصد (شامل زمان عملیات خاکی، زمان کنده‌کنی و زمان کنار گذاشتن تنه‌های قطع‌شده از مسیر راه) و

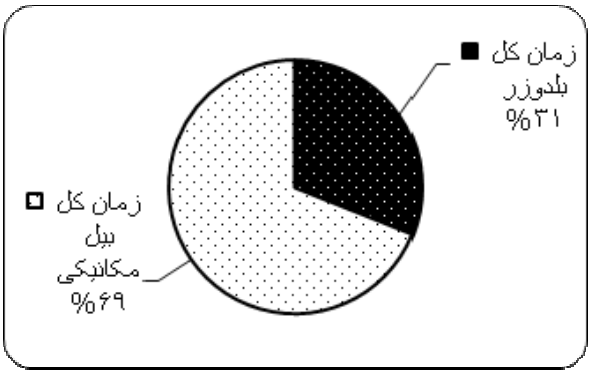
تأخیرها ۵ درصد (شامل فنی، شخصی و اجرایی) را به‌خود اختصاص دادند (شکل‌های ۴ تا ۶).



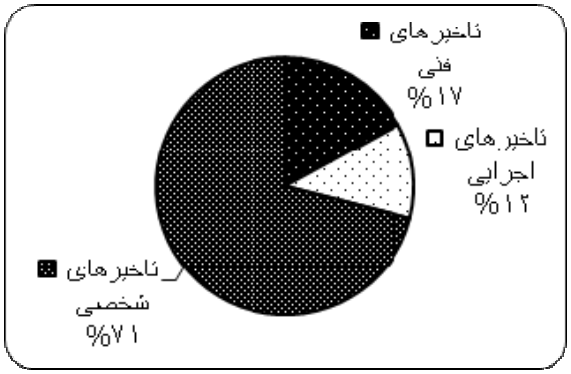
شکل ۲- نمودار درصد زمان خالص با بیل‌مکانیکی و بولدوزر به‌تفکیک ماشین



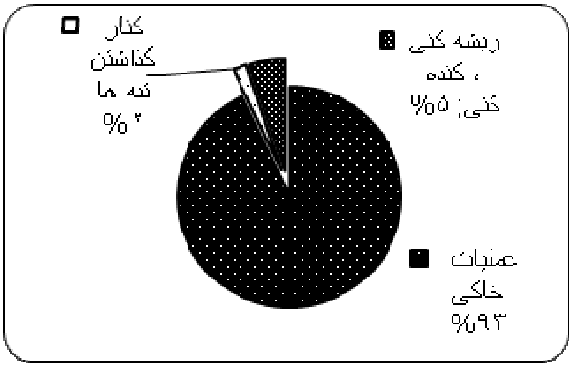
شکل ۳- نمودار درصد زمان کل با بیل‌مکانیکی و بلدوزر



شکل۴- نمودار درصد اجزای زمان کل بیل‌مکانیکی و بلدوزر



شکل ۵- نمودار درصد کار مفید بیل‌مکانیکی و بلدوزر



شکل ۶- نمودار درصد تأخیرهای بیل‌مکانیکی و بلدوزر

با توجه به اینکه مقدار ساعات کار مفید و برنامه‌ریزی‌شده بیل‌مکانیکی به‌ترتیب ۶۷ و ۶۹ درصد و مقدار ساعات کار مفید و برنامه‌ریزی‌شده بلدوزر به‌ترتیب ۳۳ و ۳۱ درصد بود، تجزیه‌وتحلیل بهای ساعتی کل دو ماشین در طی ساعت کار مفید پروژه عملیات خاکی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که نرخ کل ماشین (مجموع هزینه ساعتی ثابت و متغیر) در هر ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده و مفید به‌ترتیب ۴۴۰۴۰۶ و ۵۴۰۴۷۹ ریال

بود. هزینه ساعتی کل ماشین (مجموع نرخ ماشین، هزینه ساعتی پرسنل و لندرور) در هر ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده و مفید به‌ترتیب ۵۳۲۹۲۵ و ۶۰۶۰۰۰ ریال بود (جدول‌های ۵ و ۶)، بنابراین هزینه تولید عملیات خاکی کل دو ماشین بیل‌مکانیکی و بلدوزر در ساعت کار مفید در سری لیاشی‌سرا ۸۲۶۷ ریال برای هر مترمکعب و ۳۹۳۲۵ ریال بر هر متر عملیات خاکی بود. با تجزیه‌وتحلیل جدول بازده زمانی بیل‌مکانیکی و بلدوزر با آزمون تجزیه‌واریانس یک‌طرفه در طبقه شیب‌های مختلف مشخص شد که اثر معنی‌داری از سوی شیب دامنه بر زمان خالص، تأخیر و زمان کل وجود ندارد. علت کاهش زمان خالص در طبقه شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد به‌دلیل کاهش حجم عملیات خاک‌برداری و سنگلاخی بودن مسیر نسبت به طبقه‌های دیگر بود (جدول ۷). در تجزیه‌وتحلیل مقدار تولید دو ماشین بیل‌مکانیکی و بلدوزر در پروژه عملیات خاکی در طبقه‌های شیب مختلف با آزمون تجزیه‌واریانس یک‌طرفه مشخص شد، مقدار تولید برحسب مترمکعب در ساعت و حجم کار عملیات خاک‌برداری برحسب مترمکعب در متر در سه طبقه شیب در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار است. مقدار تولید برحسب متر در ساعت در سه طبقه شیب دارای اختلاف معنی‌داری نبود. دلیل اینکه مقدار تولید در طبقه شیب ۳۰ تا۵۰ درصد دارای کمترین مقدار است به خاطر این است که فاصله عمودی دامنه با شیب خط پروژه در این طبقه نسبت به طبقه‌های دیگر کمتر بود و برای تطبیق دادن بستر جاده با شیب خط پروژه عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی کمتری نسبت به طبقه‌های دیگر انجام شد (جدول ۸).

جدول ۵- هزینه ساعتی سیستم بیل‌مکانیکی چرخ‌زنجیری مدل PC_{200} (قیمت در سال ۱۳۹۲)

قیمت تمام‌شده بیل‌مکانیکی (ریال)	۳۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰	مجموع هزینه ثابت در ساعت کار مفید (ریال)	۳۰۴۴۱۷
ارزش تعاملی	۳۵۰/۰۰۰/۰۰۰	مجموع هزینه ثابت در ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده (ریال)	۲۱۹۱۸۰
ساعت کار مفید	۱۸۰۰	مجموع کل هزینه‌های ساعتی متغیر (ریال)	۱۷۸۰۹۲
ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده	۲۵۰۰	نرخ ماشین در ساعت کار مفید (ریال/ ساعت)	۴۸۲۵۱۰
نرخ بهره سرمایه (درصد)	۱۲	نرخ ماشین در هر ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده (ریال/ ساعت)	۳۹۷۲۷۳
مصرف ساعتی سوخت (لیتر)	۲۰	هزینه ساعتی سیستم در هر ساعت کار مفید (ریال)	۵۷۵۰۳۰
هزینه هر لیتر گازوئیل (ریال)	۳۵۰۰	هزینه ساعتی سیستم در هر ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده (ریال)	۴۸۹۷۹۳

جدول ۶- هزینه ساعتی سیستم بلدوزر چرخ‌زنجیری مدل کاترپیلار D6K (قیمت در سال ۱۳۹۲)

قیمت تمام‌شده بلدوزر (ریال)	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰	مجموع هزینه ثابت در ساعت کار مفید (ریال)	۴۳۴۸۸۲
ارزش تعاملی	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰	مجموع هزینه ثابت در ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده (ریال)	۳۱۳۱۱۵
ساعت کار مفید	۱۸۰۰	مجموع کل هزینه‌های ساعتی متغیر (ریال)	۲۲۳۲۹۵
ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده	۲۵۰۰	نرخ ماشین در ساعت کار مفید (ریال/ ساعت)	۶۵۸۱۷۷
نرخ بهره سرمایه (درصد)	۱۲	نرخ ماشین در هر ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده (ریال/ ساعت)	۵۳۶۴۱۰
مصرف ساعتی سوخت (لیتر)	۲۰	هزینه ساعتی سیستم در هر ساعت کار مفید (ریال)	۷۵۰۶۹۷
هزینه هر لیتر گازوئیل (ریال)	۳۵۰۰	هزینه ساعتی سیستم در هر ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده (ریال)	۶۲۸۹۳۰

جدول ۷- مقدار زمانی بیل‌مکانیکی و بلدوزر در طبقه شیب مختلف ± اشتباه از معیار

طبقه شیب	زمان کل	زمان خالص	تأخیر
۱۰ تا ۳۰	۱۰۰/۰۱ ± ۴/۸a	۹۱/۵۹ ± ۳/۸a	۸/۴۶ ± ۲/۷a
۳۰ تا ۵۰	۸۸/۳۴ ± ۱۰/۱a	۸۱/۶۴ ± ۸/۸a	۶/۷ ± ۲/۶a
۵۰ تا ۷۰	۱۰۰/۸ ± ۳/۹a	۹۹/۱۱ ± ۳/۹a	۰/۱۲ ± ۰/۴۴a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در ستون براساس آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

جدول ۸- مقدار تولید و حجم کار خاک‌برداری بیل‌مکانیکی و بلدوزر در طبقه شیب مختلف، میانگین ± اشتباه از معیار

طبقه شیب (درصد)	حجم کار خاک‌برداری (مترمکعب در متر)	مقدار تولید (متر در ساعت)	مقدار تولید (مترمکعب در ساعت)
۱۰ تا ۳۰	۵/۴۵±۰/۳۹ab	۱۳/ ۳۱±۰/۵۷a	۷۱/۲۳±۳/۹۱ab
۳۰ تا ۵۰	۴/۳۷±۰/۸۱b	۲۰/۸۷±۷/۴a	۶۱/ ۴۹±۸/۱۴b
۵۰ تا ۷۰	۷/۳۶±۰/۸۲a	۱۲/۲۸±۰/۴۴a	۸۷/۱۸±۶/۰۸a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در ستون براساس آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

بحث

در عملیات جاده‌سازی جنگل استفاده از ماشین‌آلاتی مانند بیل‌مکانیکی و بلدوزر بسیار متداول و هزینه ساعتی این ماشین‌آلات سهم عمده‌ای از هزینه‌های هر پروژه جاده‌سازی را به‌خود اختصاص می‌دهد، بنابراین برآورد میزان تولید و هزینه‌های هر واحد تولید دستگاه یک اهرم قوی برای مدیریت مناسب و استفاده بهینه از ماشین‌آلات به‌حساب می‌آید. در پژوهش پیش‌رو با بررسی اجزای کار روزانه ماشین‌آلات مذکور مشخص شد که پنج درصد از زمان کل به تأخیرها اختصاص دارد. قسمت بیشتر این تأخیرها مربوط به تأخیر شخصی بود (۷۱ درصد). کاهش میزان تأخیرهای اجرایی و فنی نشان‌دهنده این است که ماشین‌آلاتی که در این پژوهش استفاده شده‌اند، ازنظر فنی در وضعیت مناسب بودند و برنامه‌ریزی عملیات اجرایی در حد مطلوب بود. در این رابطه با نظارت بیشتر می‌توان زمان تأخیرهای شخصی را تا حد ممکن کاهش داد. به‌عنوان‌مثال می‌توان از رانندگان مجرب و افراد باتجربه و متخصص برای نظارت پروژه استفاده کرد. در مطالعه زمان‌سنجی عملیات‌خاکی با بیل‌مکانیکی مشخص شد که ۷۴/۲۵ درصد از زمان کل صرف کار مفید و ۲۵/۷۵ درصد صرف تأخیرهای شخصی، فنی و اجرایی شده است (Parsakhoo, 2008). نتایج این بررسی نشان داد که متوسط مقدار تولید عملیات خاکی در ماشین بیل‌مکانیکی و بلدوزر در سه طبقه شیب ۷۳/۳ مترمکعب در ساعت و ۱۵/۴۱ متر در ساعت بود. با مشاهده نتایج مقدار تولید در سه طبقه شیب مشخص شد که در طبقه شیب ۵۰ تا ۷۰ درصد مقدار تولید برحسب مترمکعب در ساعت، بیشترین مقدار و برحسب متر در ساعت، کمترین مقدار است که علت آن فاصله عمودی زیادتر دامنه‌ها با خط پروژه و درنتیجه افزایش حجم عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی به‌منظور مطابقت دادن بستر جاده به شیب خط پروژه در این طبقه شیب است (جدول ۸). با انجام پژوهش‌هایی در کشور تانزانیا، مقدار تولید عملیات خاکی بلدوزر کاترپیلار مدل D6D معادل ۱۲۹ مترمکعب در ساعت و ۴۲/۶ متر در ساعت برآورد شده است (Abeli, 1993). در این رابطه عامل‌هایی نظیر شرایط آب‌وهوایی، ارتفاع از سطح دریا، استاندارد جاده، مشخصات مکانیکی خاک، نوع سنگ بستر، تعداد کنده و سنگ در مسیر احداث جاده، تفاوت در قدرت ماشین‌آلات و مهارت راننده از مهمترین عامل‌های اثرگذار بر میزان تولید عملیات خاکی توسط ماشین‌آلات خاک‌برداری است. تولید عملیات خاکی بیل‌مکانیکی با قدرت ۱۱۸ اسب بخار در زمین‌های با بافت خاک سیلتی و شیب عرضی ۵۵ درصد،

۸۶ مترمکعب در ساعت و در زمین‌های با بافت خاک رسی و شیب ۵۰ درصد، ۱۲۳ متر در ساعت برآورد شده است (Cabezas, 1994). دلیل مشابهت نتایج پژوهش یادشده با پژوهش پیش‌رو را می‌توان به انجام قسمت عمده پروژه با بیل‌مکانیکی در پژوهش پیش‌رو نسبت داد. براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، مقدار هزینه تولید دو ماشین ۸۲۶۷ ریال در مترمکعب (۰/۳۱ دلار در مترمکعب) و ۳۹۳۲۵ ریال در متر (۱/۵۱ دلار در متر) برآورد شد. در پژوهش دیگری، برای ماشین بلدوزر کوماتسو مدل D_{60}، هزینه تولید ۱۸۱۷/۵۶ ریال برای هر مترمکعب (۰/۲ دلار در مترمکعب) و ۱۰۹۱۶/۹۳ ریال برای هر متر (۱/۱۸ دلار در متر) عملیات خاکی برآورد شد و برای ماشین بیل هیدرولیکی کوماتسو Pc220، هزینه تولید ۲۲۹۴/۱۷ ریال برای هر مترمکعب (۰/۲۵ دلار در مترمکعب) و ۸۵۱۷/۰۶ ریال برای هر متر (۰/۹۲ دلار در متر) به‌دست آمد (Parsakhoo, 2008). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، هزینه تولید بیل‌مکانیکی نسبت به بلدوزر بیشتر است که در مقایسه با هزینه تولید که به‌وسیله ترکیب دو ماشین بیل‌مکانیکی و بلدوزر در این پژوهش به‌دست آمد، میزان آن کمتر است. دلیل این مسئله عامل‌های مختلفی است که از مهمترین آن‌ها می‌توان به تورم و اختلاف قیمت ماشین‌آلات، هزینه‌ها و وسایل مصرفی، شرایط مختلف محیطی ازقبیل خاک، شیب، رطوبت، سنگلاخی بودن مسیر، تفاوت در قدرت ماشین‌ها و تجربه راننده اشاره کرد. هزینه تولید بولدوزرهای D8 معادل ۰/۴۶ دلار در هر مترمکعب محاسبه شده است (Nagy, 1978). همچنین هزینه تولید انگلدوزر در طبقه‌های شیب ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد به‌ترتیب ۲/۵ تا سه، سه تا چهار و چهار تا شش دلار در هر متر به‌دست آمده است (Sedlak, 1985).

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که متوسط مقدار تولید بیل‌مکانیکی و بلدوزر در طبقه‌های شیب ۱۰ تا ۳۰ ، ۳۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۷۰ درصد به‌ترتیب ۷۱/۲۳، ۶۱/۴۹ و ۸۷/۱۸ مترمکعب در ساعت و ۲۰/۱۳،۸۷/۳۱ و ۱۲/۲۸ متر طولی در ساعت است. هزینه تولید این دو ماشین در ساعت کار مفید ۸۲۶۷ ریال در مترمکعب و ۳۹۳۲۵ ریال در متر به دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش و مقایسه آن با سایر پژوهش‌ها، مشخص شد که هزینه و میزان تولید دو ماشین بیل‌مکانیکی و بلدوزر به‌صورت ترکیبی در ساخت جاده جنگلی نسبت به عملکرد هر یک از ماشین‌ها به‌تنهایی وضعیت بهتری نداشته است، اما ازنظر کیفی با توجه به‌اینکه بیل‌مکانیکی به‌دلیل داشتن کارکرد چندمنظوره ازقبیل خاک‌برداری و خاک‌ریزی، ریشه‌کنی کنده‌ها، ریزش‌برداری و خردکردن صخره‌ها به کمک چکش هیدرولیک و هنگام عملیات خاکی آسیب‌دیدگی کمتری به رویشگاه وارد می‌کند و پروفیل‌های عرضی را با کیفیت بهتری احداث می‌کند، از برتری نسبی در برابر بلدوزر برخوردار است. از سوی دیگر بلدوزر قادر است عملیات رگلاژ محور طولی جاده را به کمک ریپر نصب‌شده بر روی دستگاه با کمترین میزان ناهمواری‌های سطحی و انطباق بیشتر با خط پروژه بسازد و با مانورهای متعدد خود بر روی جاده، بخشی از عملیات غلتک‌زنی و فشرده‌سازی خاک را انجام دهد. ضمن آنکه بلدوزر در قیاس با بیل‌مکانیکی، هزینه تولید کمتر و توان تولیدی بیشتری دارد، بنابراین استفاده دو ماشین به‌صورت ترکیبی می‌تواند ازنظر افزایش کیفیت ساخت جاده جنگلی، از اهمیت زیادی برخوردار باشد. در ساخت جاده جنگلی علاوه‌براینکه باید به هزینه ساخت و هزینه هر واحد تولید توجه کرد، باید به هزینه تعمیر و نگهداری جاده، هزینه حمل‌ونقل چوب‌آلات و کاهش خطرات محیط زیستی توجه خاص داشت که درنظر گرفتن این موارد برای بنگاه تولیدی ازنظر اقتصادی می‌تواند دارای اهمیت باشد. بنابراین با توجه به اینکه بازده تولید بیل‌مکانیکی نسبت به بلدوزر در اجرای عملیات‌خاکی کمتر است، اما در مناطق با شیب زیاد، خسارت‌های محیط‌زیستی آن کمتر است، با به‌کارگیری این دو ماشین در ساخت جاده جنگلی در ابتدا با استفاده از بیل‌مکانیکی با توجه به مانور خوب بیل‌مکانیکی و ایجاد ترانشه خاک‌برداری بهتر، می‌توان قسمت بیشتر عملیات خاک‌برداری را انجام داد و سپس با توجه به ظرفیت کار با بلدوزر در رگلاژ مسیر و تنظیم شیب جاده، از آن استفاده

کرد.

سپاسگزاری

از کلیه کارکنان بخش راه‌سازی و نظارت شرکت احیاء آستانه، آقایان مهندس عادل کاظمی و حسینی‌نسب مدیرعامل و رئیس هیئت‌مدیره و آقای سعیدی، قرقبان شرکت که در اجرای پژوهش پیش‌رو همکاری لازم را داشتند و همچنین از آقای مهندس خوشدل کارشناس فنی اداره کل منابع طبیعی استان گیلان به‌خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان، تشکر و سپاسگزاری به‌عمل می‌آید.

References

- Abeli, W.S., 1993. Comparing productivity and costs of three subgrading machines. International Journal of Forest Engineering, 5(1): 33-39.
- Amanzadh, B., 1996. The mechanical properties of the soil used in road construction in forestry projects R.K (Talesh). M.Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 158p (In Persian).
- Arefian, R., 1996. Soil mechanical characteristics Ziarat forestry plan and its application in the road. M.Sc. thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 75p (In Persian).
- Aruga, K., Sessions, J. and Akay, A.E., 2005. Heuristic planning techniques applied to forest road profiles. Journal of Forest Research, 10: 83-92.
- Behbehani, H., 2009. Road construction, the road geometry. University of Tehran Press, 358p (In Persian).
- Cabezas, W., 1994. Informe finale valuation de equips en La construction de Caminos. Informetecnico Forestal MININCO S.A, Concepcion, FAO, Rome, 37p.
- Chehreghani, S. and Alipoor, A., 2007. Investigation ergonomics status of the transport machinery in the mines. Seventh Safety Conference, Health and Environment in Mines and Mineral Industries, Tehran, 364-370 (In Persian).
- FAO., 1992. Cost control in forest harvesting and road construction. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Forestry Paper, 99: 38-89.
- Johansson, J., 1995. Excavators as base machines in logging operations. International Journal of Forest Engineering, 7(1): 7-17.
- Lotfalian, M. and Parsakhoo, A., 2013. Forest Roads Network Planning. Publications of Aeeizh, Tehran, 168p (In Persian).
- Moeini, M., 2004. Applied algorithm hourly rate analysis of construction equipments. First International Conference of Project Management, Tehran, 16p (In Persian).
- Nagy, M.M., 1978. Productivity and cost of four subgrade construction machines. FERIC Technical Report Vancouver Canada, 28, 50p.
- Nobakht, Sh., 2002. Mapping. No. 114, Published by Islamic Azad University, 464p (In Persian).
- Parsakhoo, A., 2008. Comparison of Bulldozer and Hydraulic Excavator Performance in Constructing the Secondary Forest Roads. M.Sc. thesis, University of Mazandaran,120p (In Persian).
- Parsakhoo, A., Hosseini, S.A., Lotfalian, M. and Jalilvand, H., 2009. Comparing hydraulic excavator and bulldozer in construction of forest road standard cross section in different slope classes (Lattalar, Mazandaran Province). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 13(47): 397-408 (In Persian).
- Sarikhani, N., 1999. Instructions Forest Road Projects. No. 138, Published by Management and Planning Organization, Tehran, 200p (In Persian).
- Sarikhani, N., 2001. Logging of Forest. University of Tehran Press, Tehran, 776p (In Persian).
- Sedlak, O., 1985. Forest Road Planning, Location and Construction Techniques on Steep Terrain. FAO Forestry Paper, FAO, Rome, 333p.
- Winkler, N., 1998. Environmentally Sound Road Construction in Mountainous Terrain. Forest Harvesting Case-study 10, FAO, Rome, 64p.

Estimation of cost and the amount of production in construction of forest road by combining hydraulic excavator and bulldozer (Case study: Liashisera district, Guilan Province)

K. Hossienpour Asli[1*], R. Naghdi[2] and M. Nikooy[3]

1*- Corresponding author, M.Sc. Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme'eh Sara, Iran
E-mail: k_h1351@yahoo.com

2- Associate Prof, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme'eh Sara, Iran

3- Assistant Prof, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme'eh Sara, Iran

Received: 12.18.2013 Accepted: 03.09.2015

Abstract

Using machines such as hydraulic excavator and bulldozer is very common in construction of forest roads, and their costs have a major share from the hourly cost of a road construction project. Therefore, the estimation of production and costs of each apparatus production unit is regarded as a powerful mean for appropriate management and optimum usage of the facilities. In Liashisera district situated in 27th watershed of Amlash, a combination of two machines of hydraulic excavator and bulldozer were used in the road construction due to economic and environmental considerations. Majority of excavation operations were initially carried out by hydraulic excavator, and the bulldozer was used in the final stage to correct the slope and prepare the road bed for pouring sand scattering. The components of daily construction work including useful and useless times, technical and personal delays were assessed by time study technique in various slope categories. The results showed the average of production amounts of two machines in the slope classes of 10-30, 30-50 and 50-70 percent to be 71.23, 61.49 and 87.18 m^3/h and 13.31, 20.87 and 12.28 m/h, respectively. Production cost of two machines per useful working hour was shown to be 8267 IRR per m^3 and 39325 IRR per m.

Keywords: Bulldozer, hydraulic excavator, forest road, time study.