

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 بیل مکانیکی و بلدوزر بسیار متداول است و هزینه ساعتی این ماشین‌آلات سهم عمده‌ای از هزینه‌های هر پروژه جاده‌سازی را به خود 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 به دلیل ملاحظات اقتصادی و محیط زیستی، دو ماشین بیل مکانیکی 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 بیل مکانیکی و بلدوزر در طبقه‌های شیب ۱۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۷۰ درصد به ترتیب 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 به دست آمد.

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

مقدمه

اقتصادی و محیط زیستی است. عملیات جاده‌سازی با اختصاص حجم زیاد سرمایه به خود از شاخصه‌های مهم هزینه در مدیریت جنگل است، به طوری که فاکتوری تعیین‌کننده در ارزیابی شبکه جاده به حساب می‌آید (Parsakhoo, 2008). بیل مکانیکی و بلدوزر بهترین ترکیب ماشین‌آلات ساختمانی برای اجرای امور راه‌سازی در جنگل هستند (Parsakhoo et al., 2009)، اما مطالعات نشان داده

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 به علت هزینه‌های سنگین مربوط به احداث و نگهداری و نیز اثرات منفی بر محیط زیست و حیات وحش دارای حساسیت زیادی از نظر

1978). مقدار تولید و هزینه هر مترمکعب عملیات خاکی با بلدوزر و بیل مکانیکی در جنگل لولت چوب و کاغذ مازندران محاسبه و مشخص شد که میزان تولید بلدوزر بیشتر از بیل مکانیکی است. همچنین براساس نتایج پژوهش مذکور، هزینه عملیات خاکی بیل مکانیکی بیشتر از بلدوزر به دست آمد (Parsakhoo, 2008).

پژوهش پیش رو با هدف برآورد هزینه و میزان تولید در ساخت جاده جنگلی با استفاده از ترکیب ماشین های بیل مکانیکی و بلدوزر انجام شد. استفاده از نتایج این پژوهش می تواند گامی در جهت یاری رساندن به مدیریت واحد جنگلداری در راستای کاهش هزینه ها و استفاده بهینه از ماشین آلات به شمار آید.

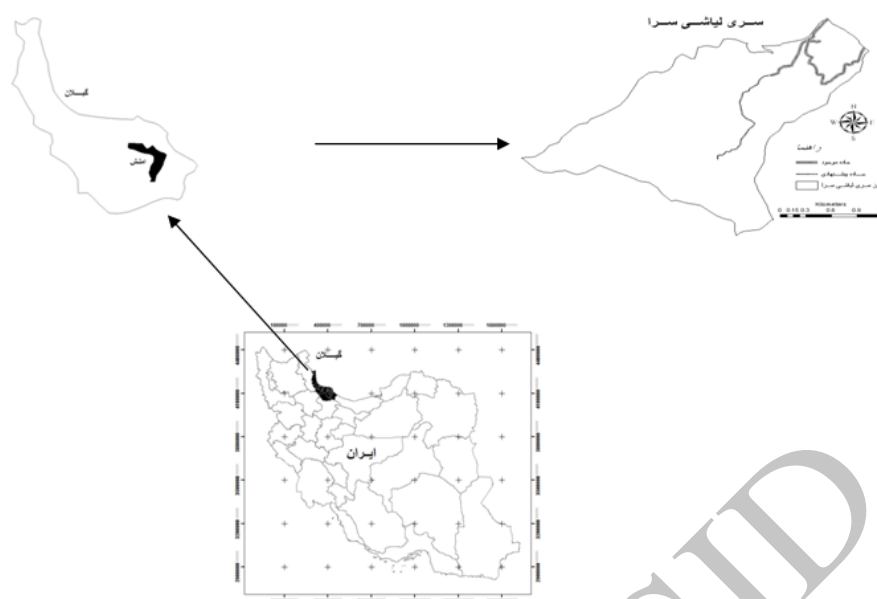
مواد و روش ها

منطقه مورد پژوهش در سری لیاشی سرا به مساحت ۲۵۷۳ هکتار از حوضه ۲۷ شهرستان املش واقع شده است. این سری بین طول جغرافیایی $50^{\circ} 36' 9''$ تا $50^{\circ} 33' 53''$ شرقی و عرض جغرافیایی $37^{\circ} 04' 4''$ تا $37^{\circ} 01' 12''$ 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 از نظر مشخصات مکانیک خاک و براساس طبقه بندی یونیفاید رس با حد روانی پایین (CL) است. یال و دره های بزرگ و کوچک متعددی در سطح سری وجود دارد که در جهت های مختلف کشیده شده اند. شیب عرصه های سری به طور عمومی زیاد و به علت آبشویی بیرون زدگی سنگی مشاهده می شود. سری لیاشی سرا طبق اقلیم نمای 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 به طول ۱/۶ کیلومتر انجام شد.

است که بلدوزر در شیب های تند، دیواره خاک برداری را به طور تقریبی عمود احداث می کند و این مسئله ضمن جلوگیری از استقرار طبیعی گیاهان، نرخ فرسایش پذیری دیواره ها را افزایش می دهد (Winkler, 1998).

مقدار تولید عملیات خاکی ماشین آلات 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 ریشه کنی نیز به نوع و قدرت ماشین آلات، شیب دامنه، جنس و رطوبت خاک، وضعیت ریشه دوانی و قطر کنده بستگی دارد (Parsakhoo, 2009). خاکی که گستره جاده را تشکیل می دهد، یک ماده همگن نیست و در مناطق مختلف ویژگی های متفاوتی دارد. این ناهمگنی که دلیل آن اختلافات زمین ساختاری، جهت، شیب و سنگ مادر است، بر هزینه و تولید عملیات خاکی ماشین آلات اثر می گذارد (Arefian, 1996; Amanzadeh, 1996).

در پژوهشی با عنوان مقایسه میزان تولید و هزینه سه ماشین راه سازی تراکتور فورد کاتی مدل 116 و بلدوزرهای مدل های D4D و D6D در ساخت جاده جنگلی نشان داده شد که تفاوت در میزان تولید و هزینه ماشین ها به نوع و اندازه ماشین، تجربه راننده و شیب زمین بستگی دارد (Abeli, 1993). میزان تولید متوسط بلدوزر کاتریلار مدل های D4D و D6D و تراکتور فورد کاتی به ترتیب ۱۲۹ مترمکعب در ساعت، ۴۱ مترمکعب در ساعت و ۲۸/۱ مترمکعب در ساعت بود. بررسی میزان تولید و هزینه عملیات خاکی بلدوزر کاتریلار D8 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).



شکل ۱- موقعیت سری مورد مطالعه

روش پژوهش

زمان کار مفید انجام شد. بدین منظور جریان کار روزانه پروژه به صورت روال عادی کار، با استفاده از کرومتر به روش مطالعات زمانی پیوسته به دقت دنبال شد، سپس تأخیرهای فنی، اجرایی و شخصی با ثابت کردن تصویر زمان (بدون توقف) به دست آمد. مدت زمان کار روزانه شامل مجموع زمان مؤثر انجام کار ماشین و تأخیرها و زمان صرف غذا بود. مدت زمان کار مفید روزانه از مجموع تأخیرها و زمان مؤثر انجام کار ماشین محاسبه شد. به منظور 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 پایین دست و بالادست جاده تعیین شد. مرحله بعدی طبقه‌بندی شیب دامنه در محل پروفیل‌ها در طبقات ۱۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا

در این پژوهش ۱/۶ کیلومتر از جاده جنگلی در سری لیاشی سرا توسط بیل مکانیکی چرخ‌زنجیری کوماتسو PC200 با قدرت موتور ۱۸۰ اسب بخار با ظرفیت جام یک مترمکعب و بلدوزر چرخ‌زنجیری کاتریلار D6K 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 بیل مکانیکی آغاز شد و قسمت بیشتر زمان کل عملیات خاک‌برداری (۶۹ درصد) با این ماشین و ۳۱ درصد کار باقیمانده به منظور 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 تا ۳۰، ۳۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۷۰ 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 به منظور دستیابی به متوسط

رگرسیونی حجم روزانه عملیات خاکی، طول مسیر خاک برداری و مقایسه میانگین متغیرها با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه در طبقه شیب‌های مختلف در نرم افزار SPSS 16 انجام شد.

هزینه ساعتی کار ماشین‌آلات بیل مکانیکی PC200 و بلدوزر کاتریلار مدل D6K شامل مجموع هزینه‌های ساعتی ثابت، متغیر، پرسنلی و لندروور است. ابتدا هزینه‌ها به طور جداگانه برای هر کدام از ماشین‌ها محاسبه شد، سپس با توجه به مدت زمان کار انجام شده توسط هر ماشین، متوسط هزینه ساعتی دو ماشین به دست آمد (FAO, 1992). هزینه ساعتی ثابت (FC) از رابطه (۳) به دست آمد:

$$FC = D + I + T \quad \text{رابطه (۳)}$$

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:

$$D = \frac{P - S}{N} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه: P قیمت خرید تمام شده، S قیمت اسقاطی که ۱۰ درصد قیمت خرید در نظر گرفته شد و N عمر مفید ماشین‌آلات بر حسب ساعت است و عبارت است از مدت زمانی که ماشین با کمترین میانگین هزینه کار می‌کند (FAO, 1992). عمر مفید دستگاه بر حسب 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:

$$I = A \times i \quad \text{رابطه (۵)}$$

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 به دست آمد:

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

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

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

که در آن: n تعداد نمونه، sx% مقدار انحراف معیار و E% مقدار حداقل اشتباه آمار برداری است. مقدار t با توجه به تجربیات برای تعداد نمونه لازم بیشتر از ۳۰ عدد و سطح اطمینان ۹۵٪، برابر با دو در نظر 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 خاک برداری، طول شیروانی خاک برداری و خاک‌ریزی و زاویه شیروانی‌ها به دست آمد. سطوح خاک برداری و خاک‌ریزی پروفیل‌های عرضی بر روی کاغذ شطرنجی (مقیاس ۱:۱۰۰) با ترسیم مقطع پروفیل عرضی و با شمارش واحدهای شبکه کاغذ شطرنجی به دست آمد. حجم عملیات خاکی با استفاده از رابطه سطوح متوسط (رابطه ۲) محاسبه شد.

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

که در آن: $V_{i,i+1}$ حجم عملیات خاکی در حفاصل پروفیل‌های عرضی i، i+1 بر حسب مترمکعب، A_i ، A_{i+1} مجموع سطوح دو پروفیل عرضی متوالی بر حسب مترمربع و L_i ، L_{i+1} فاصله بین دو پروفیل عرضی متوالی بر حسب متر است (Nobakhat, 2002; Aruga et al., 2005; Behbehani., 2009). با در اختیار داشتن زمان کار مفید روزانه برای هر کدام از ماشین‌آلات بیل مکانیکی و بلدوزر، متوسط مدت زمان کار مفید با این دو ماشین به دست آمد. سامان‌دهی داده‌ها با نرم افزار Excel انجام شد و با بهره‌گیری از آزمون کولموگروف-سمیرنوف از نرمال بودن توزیع داده‌ها در هر قسمت اطمینان حاصل شد. تجزیه و تحلیل مدل

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

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 لندروور نیز شامل کرایه رفت و برگشت 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 استعمال هزینه‌ها از بازار به دست آمد (جدول‌های ۱ تا ۴).

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

$$T = (D+I) \times 10\% \quad \text{رابطه (۷)}$$

درخصوص هزینه پارکینگ، چون از ایستگاه ثابت نگهداری از جنگل برای پارک کردن ماشین‌ها استفاده می‌شد، در نتیجه هزینه‌ای برای پیمانکار به همراه نداشت. هزینه نیز شامل مجموع هزینه‌های ساعتی تعمیر و نگهداری، سوخت، روغن، فیلتر، گریس‌کاری و قطعات (ناخن‌های رپیپر، تیغه‌ها، کفشک‌ها) است. هزینه تعمیر و نگهداری (MR) از رابطه ۸ به دست آمد:

جدول ۱- هزینه ساعتی روغن، گریس و فیلتر بیل مکانیکی کوماتسو Pc200 در منطقه مورد مطالعه (۱۳۹۲)

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

جدول ۲- هزینه ساعتی قطعات بیل مکانیکی کوماتسو Pc200 در منطقه مورد مطالعه (۱۳۹۲)

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

جدول ۳- هزینه ساعتی روغن، گریس و فیلتر بلدوزر D6K در منطقه مورد مطالعه (۱۳۹۲)

روغن و فیلتر							مشخصات
گریس	فیلتر سطلی	فیلتر دوبله پیچی	واسکازین چرخ‌دنده و روئلیک‌ها	روغن هیدروئلیک	روغن گیربکس	روغن موتور	
۲۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۱۰۰	کارکرد (ساعت)
۵ کیلو	۱ عدد	۱ عدد	۴۰ لیتر	۷۰ لیتر	۱۰۰ لیتر	۴۲ لیتر	مقدار مصرفی
۷۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۷۰۰۰۰	۱۷۵۰۰	۱۶۵۰۰۰	۵۷۵۰۰	قیمت واحد (ریال)
۱۳	۲۵	۲۵	۲	۵	۵	۲۵	تعداد تعویض در سال
۱۸۲۰	۱۴۰۰	۲۱۰۰	۲۲۴۰	۲۴۵۰	۳۳۰۰۰	۲۴۱۵۰	هزینه ساعتی (ریال)

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

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

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 بیل مکانیکی 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

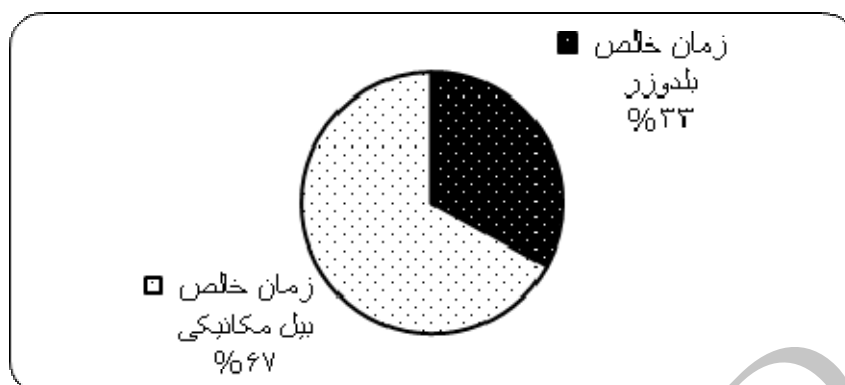
نرخ ماشین در ساعات کار مفید و یا برنامه‌ریزی‌شده عبارت است از مجموع هزینه ساعتی ثابت و متغیر در ساعت کار مفید یا برنامه‌ریزی‌شده که برای برآورد هزینه تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. هزینه ساعتی سیستم عبارت است از مجموع نرخ ماشین در ساعات کار مفید یا برنامه‌ریزی‌شده با هزینه ساعتی و هزینه پرسنلی و در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

رابطه (۹)

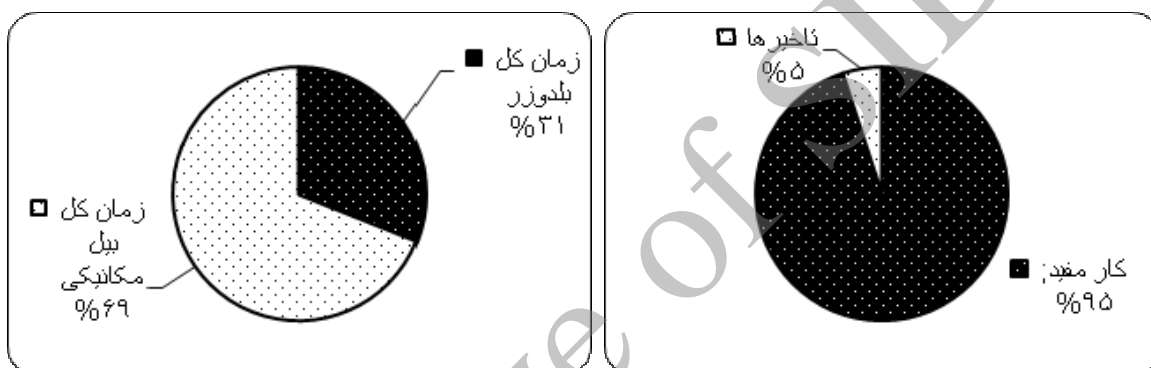
$$\text{هزینه سیستم (ریال/ساعت)} = \frac{\text{هزینه تولید (ریال/متر مکعب)}}{\text{میزان تولید (مترمکعب/ساعت)}}$$

برای محاسبه هزینه ساعتی در ساعات کار مفید کل دو ماشین بیل مکانیکی- بلدوزر، ابتدا جداگانه هزینه ساعتی بیل مکانیکی چرخ‌زنجیری کوماتسو PC200 و بلدوزر چرخ‌زنجیری کاترپیلار مدل D6K براساس قیمت بازار در

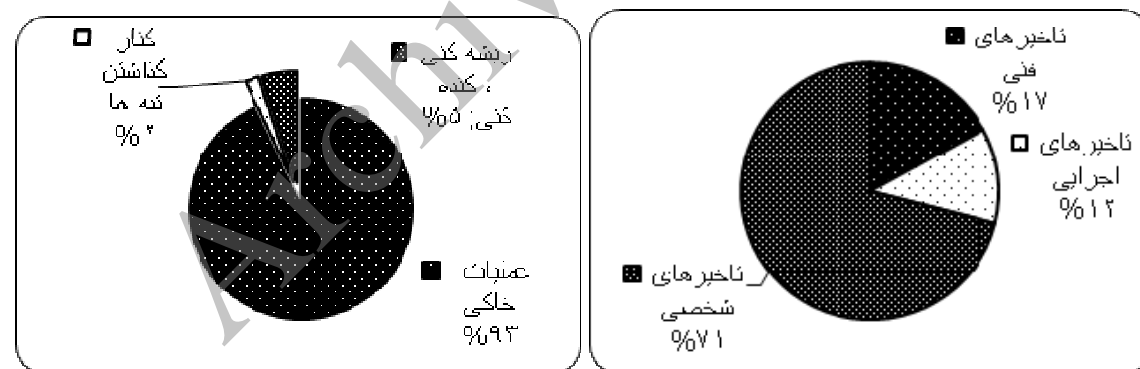
تأخیرها ۵ درصد (شامل فنی، شخصی و اجرایی) را به خود اختصاص دادند (شکل‌های ۴ تا ۶).



شکل ۲- نمودار درصد زمان خالص با بیل مکانیکی و بولدوزر به تفکیک ماشین



شکل ۳- نمودار درصد زمان کل با بیل مکانیکی و بولدوزر



شکل ۵- نمودار درصد کار مفید بیل مکانیکی و بولدوزر

شکل ۶- نمودار درصد تأخیرهای بیل مکانیکی و بولدوزر

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 برنامه‌ریزی شده و مفید به ترتیب ۴۴۰۴۰۶ و ۵۴۰۴۷۹ ریال

با توجه به اینکه مقدار ساعات کار مفید و برنامه‌ریزی شده بیل مکانیکی به ترتیب ۶۷ و ۶۹ درصد و مقدار ساعات کار مفید و برنامه‌ریزی شده بولدوزر به ترتیب ۳۳ و ۳۱ درصد بود، تجزیه و تحلیل بهای ساعتی کل دو

ماشین بیل مکانیکی و بلدوزر در پروژه عملیات خاکی در طبقه‌های شیب مختلف با آزمون تجزیه واریانس یک طرفه مشخص شد، مقدار تولید برحسب مترمکعب در ساعت و حجم کار عملیات خاک برداری برحسب مترمکعب در متر در سه طبقه شیب در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی دار است. مقدار تولید برحسب متر در ساعت در سه طبقه شیب دارای اختلاف معنی داری نبود. دلیل اینکه مقدار تولید در طبقه شیب ۳۰ تا ۵۰ 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 خاک برداری و خاک ریزی کمتری نسبت به طبقه‌های دیگر انجام شد (جدول ۸).

بود. هزینه ساعتی کل ماشین (مجموع نرخ ماشین، هزینه ساعتی پرسنل و لندرو) در هر ساعت کار برنامه ریزی شده و مفید به ترتیب ۵۳۲۹۲۵ و ۶۰۶۰۰۰ ریال بود (جدول‌های ۵ و ۶)، بنابراین هزینه تولید عملیات خاکی کل دو ماشین بیل مکانیکی و بلدوزر در ساعت کار مفید در سری لیاشی‌سرا ۸۲۶۷ ریال برای هر مترمکعب و ۳۹۳۲۵ ریال بر هر متر عملیات خاکی بود. با تجزیه و تحلیل جدول بازده زمانی بیل مکانیکی و بلدوزر با آزمون تجزیه واریانس یک طرفه در طبقه شیب‌های مختلف مشخص شد که اثر معنی داری از سوی شیب دامنه بر زمان خالص، تأخیر و زمان کل وجود ندارد. علت کاهش زمان خالص در طبقه شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد به دلیل کاهش حجم عملیات خاک برداری و سنگلاخی بودن مسیر نسبت به طبقه‌های دیگر بود (جدول ۷). در تجزیه و تحلیل مقدار تولید دو

جدول ۵- هزینه ساعتی سیستم بیل مکانیکی چرخ زنجیری مدل PC200 (قیمت در سال ۱۳۹۲)

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

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

۴۳۴۸۸۲	مجموع هزینه ثابت در ساعت کار مفید (ریال)	۵۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰	قیمت تمام شده بلدوزر (ریال)
۳۱۳۱۱۵	مجموع هزینه ثابت در ساعت کار برنامه ریزی شده (ریال)	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰	ارزش تعاملی
۲۲۳۲۹۵	مجموع کل هزینه‌های ساعتی متغیر (ریال)	۱۸۰۰	ساعت کار مفید
۶۵۸۱۷۷	نرخ ماشین در ساعت کار مفید (ریال/ساعت)	۲۵۰۰	ساعت کار برنامه ریزی شده
۵۳۶۴۱۰	نرخ ماشین در هر ساعت کار برنامه ریزی شده (ریال/ساعت)	۱۲	نرخ بهره سرمایه (درصد)
۷۵۰۶۹۷	هزینه ساعتی سیستم در هر ساعت کار مفید (ریال)	۲۰	مصرف ساعتی سوخت (لیتر)
۶۲۸۹۳۰	هزینه ساعتی سیستم در هر ساعت کار برنامه ریزی شده (ریال)	۳۵۰۰	هزینه هر لیتر گازوئیل (ریال)

جدول ۷- مقدار زمانی بیل مکانیکی و بلدوزر در طبقه شیب مختلف \pm اشتباه از معیار

طبقه شیب	زمان کل	زمان خالص	تأخیر
۱۰ تا ۳۰	$100/01 \pm 4/8a$	$91/59 \pm 3/8a$	$8/46 \pm 2/7a$
۳۰ تا ۵۰	$88/34 \pm 10/1a$	$81/64 \pm 8/8a$	$6/7 \pm 2/6a$
۵۰ تا ۷۰	$100/8 \pm 3/9a$	$99/11 \pm 3/9a$	$0/12 \pm 0/44a$

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 بیل مکانیکی و بلدوزر در طبقه شیب مختلف، میانگین \pm 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	$5/45 \pm 0/39ab$	$13/31 \pm 0/57a$	$71/23 \pm 3/91ab$
۳۰ تا ۵۰	$4/37 \pm 0/81b$	$20/87 \pm 7/4a$	$61/49 \pm 8/14b$
۵۰ تا ۷۰	$7/36 \pm 0/82a$	$12/28 \pm 0/44a$	$87/18 \pm 6/08a$

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

بحث

نتایج این بررسی نشان داد که متوسط مقدار تولید عملیات خاکی در ماشین بیل مکانیکی 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 در نتیجه 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 کاتریپلار 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 بیل مکانیکی با قدرت ۱۱۸ اسب بخار در زمین‌های با بافت خاک سیلنتی و شیب عرضی ۵۵ درصد،

در عملیات جاده‌سازی جنگل استفاده از ماشین‌آلاتی مانند بیل مکانیکی و بلدوزر بسیار متداول و هزینه‌ساعتی 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، از نظر 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. به‌عنوان مثال می‌توان از رانندگان مجرب و افراد باتجربه و متخصص برای نظارت پروژه استفاده کرد. در مطالعه زمان‌سنجی عملیات خاکی با بیل مکانیکی 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,)

مفید ۸۲۶۷ ریال در مترمکعب و ۳۹۳۲۵ ریال در متر به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش و مقایسه آن با سایر پژوهش‌ها، مشخص شد که هزینه و میزان تولید دو ماشین بیل مکانیکی و بلدوزر به صورت ترکیبی در ساخت جاده جنگلی نسبت به عملکرد هر یک از ماشین‌ها به تنهایی وضعیت بهتری نداشته است، اما از نظر کیفی با توجه به اینکه بیل مکانیکی به دلیل داشتن کارکرد چندمنظوره از قبیل خاک برداری و خاک ریزی، ریشه کنی کنده‌ها، ریزش برداری و خردکردن صخره‌ها به کمک چکش هیدرولیک و هنگام عملیات خاکی آسیب دیدگی 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 نصب شده 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 بیل مکانیکی، هزینه تولید کمتر و توان تولیدی بیشتری دارد، بنابراین استفاده دو ماشین به صورت ترکیبی می‌تواند از نظر افزایش کیفیت ساخت جاده جنگلی، از اهمیت زیادی برخوردار باشد. در ساخت جاده جنگلی علاوه بر اینکه باید به هزینه ساخت و هزینه هر واحد تولید توجه کرد، باید به هزینه تعمیر و نگهداری جاده، هزینه حمل و نقل چوب‌آلات و کاهش خطرات محیط زیستی توجه خاص داشت که در نظر گرفتن این موارد برای بنگاه تولیدی از نظر اقتصادی می‌تواند دارای اهمیت باشد. بنابراین با توجه به اینکه بازده تولید بیل مکانیکی نسبت به بلدوزر در اجرای عملیات خاکی کمتر است، اما در مناطق با شیب زیاد، خسارت‌های محیط زیستی آن کمتر است، با به کارگیری این دو ماشین در ساخت جاده جنگلی در ابتدا با استفاده از بیل مکانیکی با توجه به مانور خوب بیل مکانیکی و ایجاد ترائشه خاک برداری بهتر، می‌توان قسمت بیشتر عملیات خاک برداری را انجام داد و سپس با توجه به ظرفیت کار با بلدوزر در رگلاژ مسیر و تنظیم شیب جاده، از آن استفاده

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 بیل مکانیکی 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 D60، هزینه تولید برای 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) به دست آمد (Parsakhoo, 2008). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، هزینه تولید بیل مکانیکی نسبت به بلدوزر بیشتر است که در مقایسه با هزینه تولید که به وسیله ترکیب دو ماشین بیل مکانیکی و بلدوزر در این پژوهش به دست 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 از قبیل 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 به ترتیب ۲/۵ تا سه، سه تا چهار و چهار تا شش دلار در هر متر به دست آمده است (Sedlak, 1985).

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که متوسط مقدار تولید بیل مکانیکی و بلدوزر در طبقه‌های شیب ۱۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۷۰ درصد به ترتیب 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

Persian).

کرد.

سیاسگزاری

از کلیه کارکنان بخش راهسازی و نظارت شرکت احیاء آستانه، آقایان مهندس عادل کاظمی و حسینی نسب مدیرعامل و رئیس هیئت مدیره 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 به خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان، تشکر و سیاسگزاری به عمل 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.
- Chehrehgani, 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).
- 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.
- 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).

**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. Naghdi² and M. Nikooy³

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 m³/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 m³ and 39325 IRR per m.

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