توليد و هزينه عمليات قطع درخت با اره موتوري
(مطالعه موردي: سری گرازبن جنگل خيرود)

مقداد جورغلامي *[١]، باريس مجنونيان[٢] و نصرتا... ضرغام[٣]
[١] استاديار دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[٢] استاد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[٣] دانشيار دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ٩٠/٨/١٩ ، تاريخ تصويب: ٩١/٢/٩)

چكيده
قطع شامل تمام فعاليت‌هاي انجام گرفته براي انداختن درختان سرپا و آماده نمودن آنها براي چوبكشي است. اين پژوهش در سري گرازبن جنگل آموزشي و پژوهشي خيرود انجام شده است. از اهداف اين پژوهش، اندازه‌گيري زمان قطع درخت، توليد، هزينه و بدست آوردن مدل رگرسيوني زمان قطع با مطالعه زماني پيوسته است. متغيرهاي مختلفي مانند زمان كار قطع درخت، فاصله بين درختان، گونه‌هاي درختي، قطر درخت، شيب طولي مسير طي شده بين درختان و شيب عرضي كنار كنده اندازه‌گيري شدند. زمان صرف غذا و استراحت كارگران، بيشترين زمان تشكيل دهنده يک سيكل بوده و بعد از آن به‌ترتيب زمان بن‌زني و زمان حركت به سمت درخت قرار دارد. نتايج نشان داد كه زمان بن‌زني و بن‌بري با افزايش قطر افزايش مي‌يابد. هزينه‌هاي كارگري ۴۴ درصد هزينه‌هاي ساعتي را تشكيل مي‌دهد در حالي‌كه تنها ۲ درصد هزينه‌ها مربوط به هزينه ثابت ماشين است. بين زمان خالص قطع درخت و قطر درخت رابطه خطي معني‌داري وجود دارد و با افزايش قطر، توليد به صورت رابطه تواني افزايش مي‌يابد. همچنين هزينه واحد توليد با احتساب زمان‌هاي تاخير و بدون احتساب آن، براي قطع درخت به ترتيب برابر ۱۰۳۱۶ و ۹۰۶۲ ريال بر مترمكعب به‌دست آمد. با افزايش قطر، هزينه قطع براي هر درخت افزايش مي‌يابد كه اين افزايش به صورت رابطه تواني است. هرچند، هزينه واحد توليد چوب قطع شده با افزايش قطر كمتر مي‌شود و به‌صورت يك تابع تواني كم‌شونده است. به طور ميانگين هر سيكل كار قطع درخت ۴/۶۵ دقيقه زمان صرف مي‌نمايد كه ۴/۰۸ دقيقه آن را زمان خالص تشكيل مي‌دهد.

واژه‌هاي كليدي: سری گرازبن، اره‌موتوري، قطع درخت، مطالعه زماني، توليد، هزينه.

مسئول مكاتبات تلفن: ٠٢٦-٣٢٢٤٩٣١٢ فاكس: ٠٢٦-٣٢٢٤٩٣١٢ E-mail: mjgholami@ut.ac.ir

مقدمه

قطع شامل تمام فعاليت‌هاي انجام گرفته براي انداختن درختان سرپا و آماده نمودن آنها براي چوبكشي است. عمليات قطع شامل انداختن درخت سرپا، اندازه‌گيري طول آن براي تعيين مناسب‌ترين ابعاد بينه، حذف سرشاخه‌ها و بينه‌بري است (Pearce and Stenzel, 1972). قطع درخت جزء يكي از خطرناک‌ترين عمليات‌هاي صنعتي است (ILO, 1998) كه ممكن است سرشاخه‌هاي درختان شكسته شده و در جهت‌هاي مختلف پراكنده شود. در جنگل‌هاي پهن‌برگ آميخته، صدمه به درختان باقيمانده و نهال‌ها در اثر قطع درخت مي‌تواند بسيار گسترده باشد و دستيابي به اهداف جنگل‌شناسي مرتبط با عمليات بهره‌برداري را مختل نمايد (Dykstra and Heinrich, 1996; Renzie, 2005).

اره‌موتوري تنها وسيله قطع درخت در جنگل‌هاي كوهستانی شمال ايران است كه به‌طور عمده وابسته به نيروي كار است. در جنگل‌هاي كوهستاني شمال ايران به دليل داشتن شيب نسبتا زياد و درختان قطور پهن‌برگ و استفاده از روش‌هاي گزينشي، مكانيزاسيون پيشرفته و سرمايه‌گذاري كم و استفاده از ماشين‌هاي چندكاره قطع و تبديل كاربرد چنداني ندارد (Sarikhani, 2008).

در جنگل‌هاي طبيعي قطر درخت عامل بسيار مهم در زمان قطع، سرشاخه‌زني و بينه‌بري هر درخت است (Conway, 1979; Sessions et al., 2007). Laitila et al., (2007) كارايي عمليات پيش حمل را در دو سيستم قطع درختان با اره موتوري و قطع مكانيزه بررسي نمودند و نتيجه گرفتند كه كارايي عمليات در سيستم مكانيزه بيشتر از قطع با اره‌موتوري است. Renzie (2006) با مطالعه عمليات قطع درخت در جنگل‌های ايالت بريتيش كلمبيای كانادا نتيجه گرفت كه فصل قطع، ابعاد درخت و درصد پوسيدگي بر روي توليد تاثيرگذار است. وي دريافت كه طراحي مسيرهاي چوبكشي، نوع گونه درخت و تجربه اره‌موتورچي عواملي تاثيرگذار بر روي كل زمان قطع مي‌باشند. نتايج نشان داد كه شيب اثر معني داري بر روي زمان و توليد عمليات قطع ندارد ولی بين قطر درخت و زمان قطع درخت رابطه خطي معني‌داري وجود دارد. برنامه‌ريزي و طرح مناسب در عمليات بهره‌برداري جنگل عامل اساسي در دستيابي به عمليات بهره‌برداري بهينه و كاهش اثرات محيط‌زيستي است (Dykstra and Heinrich, 1996).

در عمليت بهره‌برداري گزينشي و قطع يكسره، قطع با ماشين‌هاي مكانيزه در ايالت بريتيش كلمبياي كانادا در مقايسه با قطع به شيوه دستي با اره‌موتوري منجر به صرفه‌جويي ۴۰ تا ۵۰ درصد هزينه‌ها شد (Thibodeau et al., 1996). علاوه بر هزينه، مزاياي قطع مكانيزه در مقايسه با قطع با اره‌موتوري عبارتند از: ايمني بيشتر كارگران، كنترل بهتر تنه درخت مقطوعه براي كاهش شكستگي و آسيب كمتر به توده باقيمانده و بازدهي مناسب‌تر در عمليات چوبكشي (Kluender and Stokes, 1994; Thibodeau et al., 1996; Parker, 2002). در مقابل، مزاياي قطع درختان با اره‌موتوري شامل عدم محدوديت آن نسبت به شيب عرصه و اندازه درخت است. در قطع درختان با اره‌موتوري، ارتفاع كنده بايد بسيار نزديک به زمين گرفته شود تا از افت چوب جلوگيري شود (Han and Renzie, 2005). وقتي كه درختان با اره-موتوري قطع مي‌شوند، نگراني اوليه مربوط به ايمني كارگر اره موتورچي و كمک آن است (Renzie, 2005).

هزينه‌هاي قطع درختان با اره‌موتوري در قطعه‌اي با برداشت ۶۰ درصد درختان در مقايسه با قطع يكسره ۱/۲ برابر بيشتر است چون احتياج به قطع هدايت شده دارد (Thibodeau et al., 1996). هرچند ميزان برداشت در توده مي‌تواند بر هزينه‌هاي قطع تاثيرگذار باشد، اما حجم صنعتي چوب در هر درخت داراي تاثير بيشتري بر مجموع هزينه‌ها است (Kluender et al., 1997). پژوهش‌هاي انجام شده مختلف نشان داده كه فاكتورهاي موثر بر روي مجموع زمان قطع به ترتيب اهميت عبارتند از: قطر برابر سينه درخت، فاصله بين درختان، شيب عرصه و شدت برداشت (Kluender et al., 1997; Lortz et al., 1997; Rummer and Klepac, 2002; Wang et al., 2004; Li et al., 2006). Wang et al., (2004) نشان

دادند که توليد اره موتوري براي قطع درخت، ١٠/٢٥ متر مکعب به ازاي هر ساعت کار مفيد و متوسط زمان قطع درخت ٤/٥٧ دقيقه است.Rummer and Klepac (2002) دريافتند که با افزايش قطر درخت زمان سيکل قطع درخت افزايش مي‌يابد و مدل رگرسيوني آنها براي برآورد زمان قطع درخت تابعي از قطر درخت بود.

Nikooy (2007) در پژوهش خود در جنگل‌هاي اسالم گيلان مدل رياضي پيش بيني زمان قطع درخت را تهيه نمود که اين مدل تابعي از متغيرهاي قطر درخت و فاصله بين درختان قطع شونده است. ميزان توليد در سيستم قطع با احتساب زمان‌هاي تاخير و بدون آن به ترتيب برابر با ٥٣ و ٦٧ مترمکعب در ساعت است. Behjou et al., (2007) کارايي و توليد عمليات قطع درختان با اره موتوري را بررسي نموده و مدل رگرسيوني زمان قطع را ارايه نمودند که تابعي از قطر درختان قطع شده و فاصله طولي طي شده بين درختان است. Ershadifar et al., (2011) توانايي گروه‌هاي قطع در انجام قطع هدايت شده درخت را ارزيابي نمودند و با مقايسة ميانگين خطاي قطع نتيجه گرفتند که هيچ کدام از گروه‌هاي قطع موفق به اجراي قطع هدايت شده نشدند. اهداف از اين پژوهش مطالعه زماني پيوسته عمليات قطع درخت با اره‌موتوري، برآورد، محاسبه نرخ توليد و هزينه اره‌موتوري و ارائه مدل رگرسيوني پيش‌بيني زمان قطع مي‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

اين پژوهش در پارسل‌هاي ٣٠٥، ٣٠٦ و ٣٠٩ سري گرازبن انجام شده که با وسعت ١٠٠١/٥ هکتار سومين سري جنگل آموزشي و پژوهشي خيرود است. اولين دوره طرح جنگل‌داري اين سري پس از تصويب در سال ٩٠-٨٩ آغاز و اجرا شده است. ارتفاع از سطح دريا اين سری ٩١٠ تا ١٢٠٠ متر و ميزان متوسط بارندگي آن ١١٥٠ ميلي‌متر است. شيوه بهره‌برداري و جنگل‌شناسي در پارسل‌های مورد مطالعه به‌صورت گزينشی است. جهت عمومي در منطقه جنوبي و شيب عمومي ٤٠ درصد است. گونه غالب منطقه راش (*Fagus orientalis* Lipskey.) است که با گونه‌هاي ممرز (*Carpinus betulus* L.)، افرا (*Acer velutinum* Bioss.) و توسکا (*Alnus subcordata* L.) همراه است. جاده دسترسي پارسل‌هاي مورد مطالعه در مرز شمالي و جنوبي از امتداد دو جاده اصلي سري گرازبن ساخته شده است. عمليات جمع‌آوري اطلاعات مورد نياز در اسفند ١٣٨٩ انجام گرفت و در هنگام انجام پژوهش هوا ابري و سرد بود. تعداد در هکتار در پارسل‌هاي ٣٠٥، ٣٠٦ و ٣٠٩ به‌ترتيب برابر با ٢٧٨، ٧١٨ و ٢٠١ اصله و موجودي حجمي در هکتار در پارسل‌هاي ذکر شده به‌ترتيب برابر با ٤٠٥، ٤٢١ و ٤٢٨ سيلو است. در پارسل‌هاي ذکر شده در مجموع تعداد ٧٥١ اصله درخت (حجم ٢٦٥٠ متر مکعب) از گونه‌هاي راش، ممرز، افرا، بلوط و توسکا نشانه‌گذاري شده است.

روش مطالعه

در اين بررسي به كمك يك دستگاه زمان‌سنج (کرونومتر)، زمان‌سنجي به روش زمان‌هاي پيوسته انجام شد. اجزاء زماني با توجه به نوبت کار عبارتند از زمان حرکت به سمت درخت، زمان تصميم‌گيري در مورد جهت انداختن درخت، بن‌زني، بن‌بري، گوه‌زدن، سرويس و سوخت‌گيري و زمان صرف غذا و استراحت کارگران و زمان‌هاي تاخير بود (Bjorheden and Thompson, 1995; Spinelli and Visser, 2008). جهت انداختن درخت با سه کد مشخص شد: کد ١: انداختن درخت در جهت ميل آن، کد ٢: انداختن درخت به‌طرفين ميل درخت از ٠ تا ٩٠ درجه (جانبي) و کد ٣: انداختن درخت برخلاف ميل از ٩٠ تا ١٨٠ درجه. عوامل موثر بر زمان قطع يك درخت بوسيله اره موتوري شامل: قطر درخت (سانتي‌متر)، فاصله طي شده بين دو درخت (متر)، شيب طولي مسير طي شده بين دو درخت (درصد)، شيب عرضي کنار کنده درخت (درصد) و جهت انداختن درخت اندازه‌گيري شدند.

برای تعيين تعداد نمونه، ابتدا آماربرداري مقدماتي انجام شد تا واريانس زمان قطع درخت بدون احتساب زمان تاخير بدست آيد. در ادامه، با احتساب اينکه در سطح ٩٥ درصد، اشتباه آماربرداری مورد نظر ١٠ درصد ميانگين

زمان قطع درخت باشد، با استفاده از رابطه ۱ تعداد نمونه مورد نياز محاسبه شد.

$$n = \frac{t^3 \times (s_x\%)^2}{(E\%)^2} \qquad (۱$$

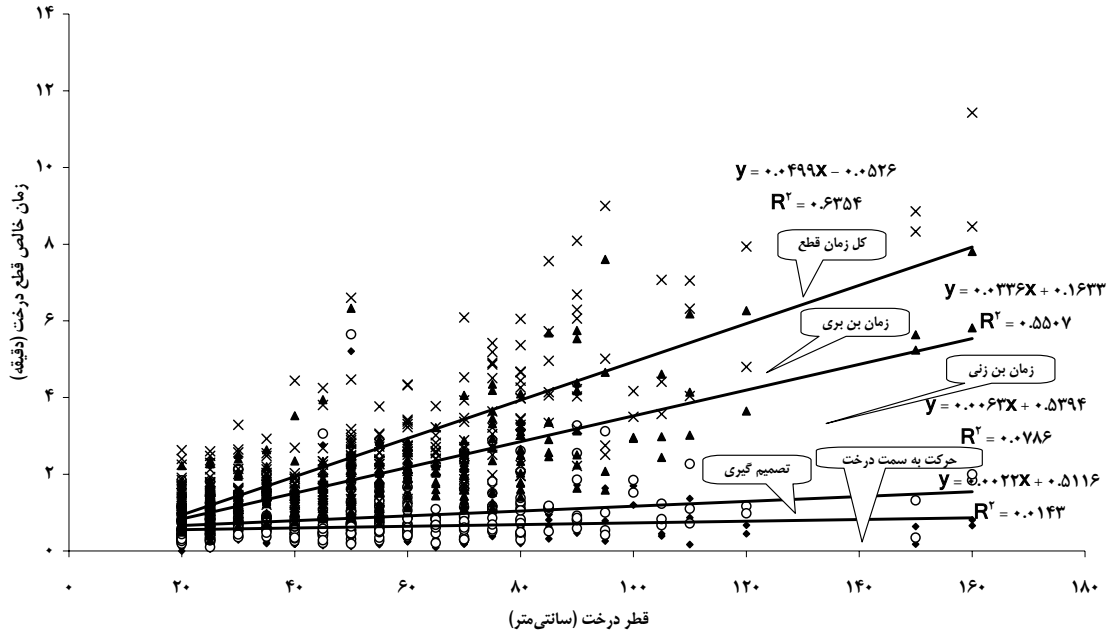
که در آن: n= تعداد نمونه؛ t= ضريبي که به تعداد نمونه و سطح اعتماد مورد نظر بستگي دارد و از جدول t بدست مي‌آيد؛ S_x= انحراف از معيار بدست آمده از آماربرداري مقدماتي؛ E= اشتباه مورد نظر است.

در هنگام جمع‌آوري داده‌ها، نوبت اندازه‌گيري شده به صورت تصادفي در طول پيشرفت کار در داخل توده و در شرايط مختلف اندازه‌گيري شدند. بعد از وارد نمودن داده‌هاي جمع‌آوري شده حاصل از زمان سنجي، با استفاده از روش آندرسون- دارلينگ[1] از نرمال بودن توزيع داده‌ها اطمينان حاصل شد. براي تعيين ضرايب متغير و ثابت مدل پيش بيني زمان قطع درخت از روش متداول رگرسيون چند متغيره و از تکنيك رگرسيون مرحله‌اي[2] استفاده شد (Nikooy, 2007). بر اين پايه با استفاده از نرم‌افزار SPSS، مدل رياضي پيش بيني زمان قطع درخت تهيه شد.

نتايج

تعداد نمونه براي تعيين مدل قطع درخت با اره‌موتوري برابر با ۳۱۱ سيکل بدست آمد که با در نظر گرفتن ۳ نمونه براي اعتبارسنجي مدل، تعداد ۳۱٤ نمونه براي تعيين مدل اندازه‌گيري شد. داده‌هاي حاصل از مطالعه زماني در دو مرحله تجزيه و تحليل شدند، در مرحله اول, براي هر جزء از قطع درخت نسبت به متغير مستقل قطر برابر سينه (سانتي‌متر) رابطه‌اي برازش داده شد (شکل ۱). با انجام اين کار مشخص شد که مطالعه اخير با نتايج کلاسيك تعريف شده يکسان است که شکل ۱ موید اين مطلب است. در شکل ۱ فاصله عمودي بين خطوط ميانگين زمان براي هر جزء تعريف شده و خط بالايي کل زمان لازم را براي قطع هر درخت نمايش مي‌دهد. در مرحله بعد، مدل‌سازي با عوامل مستقل انجام شد. با اندازه‌گيري عوامل موثر بر زمان قطع درخت شامل: قطر درخت، فاصله طي شده بين دو درخت (متر)، شيب طولي مسير طي شده بين دو درخت (درصد)، شيب عرضي کنار کنده (درصد) و جهت انداختن درخت، نمودار پراکنش ابر نقاط بين زمان قطع درخت (يک نوبت کار) با متغيرهاي مذکور به‌دست آمد (شکل‌هاي ۲ تا ٤). همچنين پارامترهاي موثر بر زمان قطع اندازه‌گيري شدند، جدول ۱ پارامترهاي اندازه‌گيري شده در مطالعه زماني و متغيرهاي موثر بر زمان قطع را نشان مي‌دهد. شکل ۲ نشان مي‌دهد که با افزايش قطر درخت زمان خالص قطع درخت به صورت خطي افزايش مي‌يابد، همچنين زمان بن‌زني و بن‌بري که اجزاي اصلي قطع درخت را تشکيل مي‌دهند با افزايش قطر افزايش مي‌يابند.

[1] Anderson- Darling

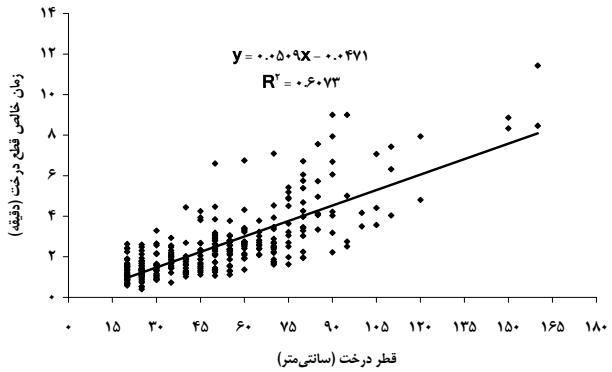


شكل ١- اجزاي تشكيل دهنده يك سيكل قطع درخت

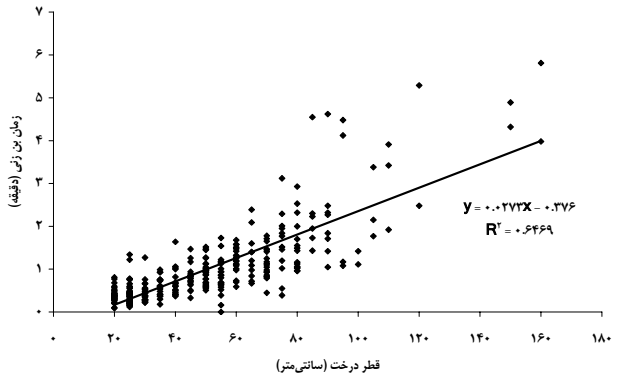
جدول ١- پارامترهاي آماري مطالعه‌زماني عمليات قطع درخت با اره موتوري

پارامتر	تاخير اجرايي (دقيقه)	تغذيه و استراحت (دقيقه)	زمان خالص كار (دقيقه)	كل تاخير (دقيقه)	كل زمان كار (دقيقه)	فاصله (متر)	شيب طولي (درصد)	شيب عرضي (درصد)	جهت انداختن (درجه)
ميانگين	٠/٣	١/٢٩	٢/٥٥	٠/٥٧	٤/٦٥	٢٢/٢٥	٢٧/٠١	٢٦/١٩	١/٠٤
حداقل	٠	٠	٠/٤	٠	٠/٤	٣٩	٥	٦	١
حداكثر	٣٤/٥٦	٧٠/٢	١١/٤٣	٣٩/٤٣	٧٢/٥١	٨٠	٦٥	٧٠	٢
انحراف از معيار	٢/٤١	٨/٣٣	١/٧	٣/٣٦	٩/٣٢	١٦/٢٢	١٣/٩٢	١٥/٠٨	٠/١٩

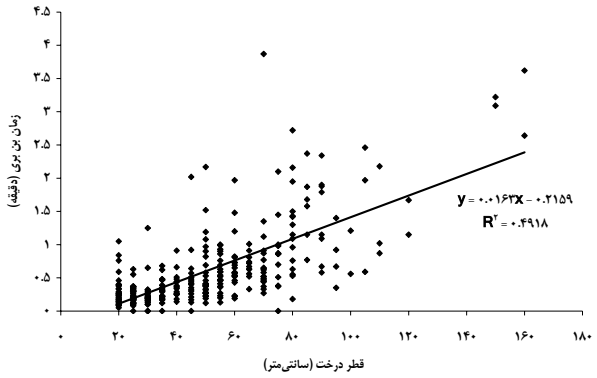
پارامتر	قطر (سانتی‌متر)	حركت به سمت درخت (دقيقه)	تصميم‌گيري جهت انداختن (دقيقه)	زمان بن زني (دقيقه)	زمان بن بري (دقيقه)	زمان گوه زدن (دقيقه)	سوختگيري و سرويس (دقيقه)	تاخير فني (دقيقه)	تاخير شخصي (دقيقه)
ميانگين	٥١/٠٣	٠/٦٢	٠/٢٤	١/٠٢	٠/٦١	٠/٠٦	٠/٢٤	٠/١١	٠/١٥
حداقل	٢٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
حداكثر	١٦٠	٥/٢١	١/٨٤	٥/٨١	٣/٨٧	٢/٤١	٣/٩٧	٩/١٢	٣٤/٠٣
انحراف از معيار	٢٦/١	٠/٤٨	٠/٢٤	٠/٨٩	٠/٦١	٠/٢٧	٠/٦٧	٠/٨٥	١/٩٨



شكل ۲- نمودار پراكنش ابر نقاط زمان خالص قطع درخت در ارتباط با قطر درخت



شكل ۳- نمودار پراكنش ابر نقاط زمان بن‌زني قطع درخت در ارتباط با قطر درخت



شكل ٤- نمودار پراكنش ابر نقاط زمان بن‌بري قطع درخت در ارتباط با قطر درخت

مدل پيش بيني زمان قطع درخت با اره موتوري

مدل رياضي پيش‌بيني زمان قطع درخت با اره موتوري عبارتست از معادله رگرسيون چند متغيره زمان قطع يك درخت، به صورت تابعي از قطر درخت:

$$Y = -۰/۰۴۰۷۱ + ۰/۰۵۰۸\ X_1 \qquad (۲$$

كه در رابطه ۲: Y= زمان قطع يك درخت (دقيقه) و X_1= قطر درخت (سانتي‌متر) است.

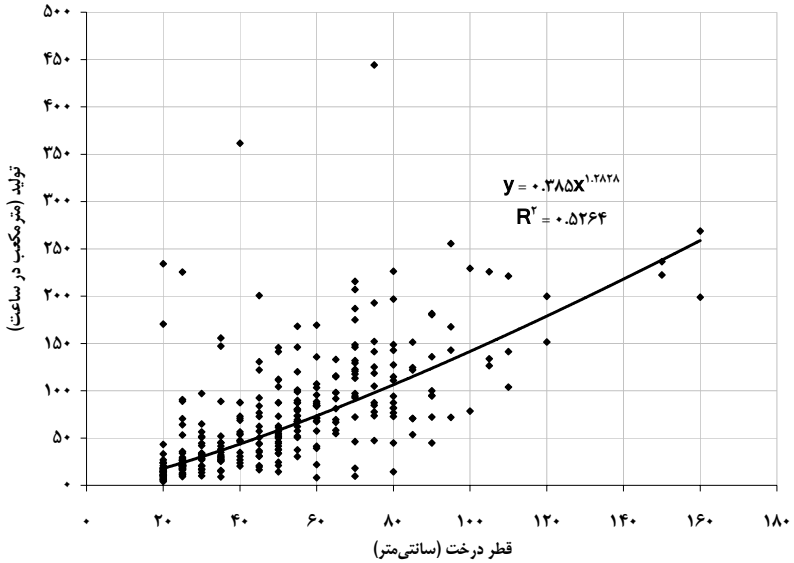
جدول ۲ خلاصه جدول تجزيه واريانس مدل رابطه ۲ را نشان مي‌دهد. در جدول ۲ مقدار F بدست آمده، بيانگر اين است كه در سطح $\alpha = ۰.۰۱$، معني‌دار مي‌باشد و متغيرهاي وارد شده در مدل تا ٦١ درصد تغييرات را نشان مي‌دهند.

جدول ۲- تجزيه واريانس مدل رياضي پيش‌بيني زمان قطع درخت با اره موتوري

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادي	ميانگين مربعات	F= $\frac{MSK}{MSe}$	r	P
رگرسيون	٥٤٦/٣	١	٥٤٦/٣٣	٤٧٧/٨٤	٠/٧٧	٠/٠٠٠
خطا	٣٥٣/٣	٣٠٩	١/١٤			
مجموع	٨٩٩/٥٧	٣١٠				

ميزان توليد سيستم قطع درخت با اره موتوري

ميزان توليد ساعتي قطع درخت بوسيله اره موتوري با در نظر گرفتن زمان‌هاي تاخير و بدون آن، به ترتيب برابر ٤٥/٣٥ مترمكعب در ساعت (١٣ درخت در ساعت) و ٥١/٦٣ مترمكعب در ساعت (١٥ درخت در ساعت) است. ميزان توليد ساعتي با احتساب زمان‌هاي تاخير حدود ١٤ درصد كمتر از توليد خالص قطع درخت با اره موتوري است. بررسي ميزان توليد (مترمكعب در ساعت) قطع با اره موتوري نشان مي‌دهد كه با افزايش قطر، ميزان توليد بدون تاخير قطع درخت به صورت رابطه تواني افزايش مي‌يابد (شكل ٥). جدول ٣ خلاصه جدول تجزيه واريانس مدل رابطه توليد و قطر درخت را نشان مي‌دهد.



شكل ٥- تغييرات توليد قطع درخت با اره موتوري با قطر درخت

جدول ٣- تجزيه واريانس رابطه توليد با اره موتوري و قطر

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادي	ميانگين مربعات	$F=\frac{MSK}{MSe}$	r	P
رگرسيون	٤١/٩٥	١	٤١/٩٥	٣٤٣/٥٢	٠/٧٢	٠/٠٠٠
خطا	٣٧/٧٣	٣٠٩	٠/١٢			
مجموع	٧٩/٦٨	٣١٠				

هزينه سيستم قطع درخت

به‌منظور محاسبه هزينه سيستم از راهنماي پيشنهادي تهيه طرح بهره‌برداري سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخيزداري كشور (Sobhani and Rafatneia, 1997) استفاده شده است. با استفاده از اين راهنما، هزينه سيستم (كه از مجموع هزينه‌هاي اره موتوري و هزينه پرسنلي تشكيل مي‌شود)، محاسبه شده است. از تقسيم هزينه سيستم بر ميزان توليد، مي‌توان هزينه واحد توليد (مترمكعب) را محاسبه نمود. مبناي محاسبه قيمت‌ها بر اساس قيمت ماشين و ساير لوازم و وسايل در سال ١٣٩٠ است، با توجه به آب و هواي منطقه و همچنين اشتغال كارگران جنگل به امور ديگر، تعداد روزهاي كار ١٨٠ روز محاسبه شد. عمر مفيد ماشين (اره‌موتوري) ٣ سال، قيمت خريد ١٤ ميليون ريال و ضريب بهره‌وري ٨٣ درصد (ساعات كار برنامه ريزي شده و مفيد به ترتيب ٦ و ٥ ساعت) در نظر گرفته شده است. جدول ٤ خلاصه

هزينه‌يابي عمليات قطع درخت را نشان مي‌دهد. گروه اره‌موتورچي متشكل از سه نفر شامل اره‌موتورچي، كمك اره‌موتورچي و كارگر همراه (كه وظيفه آوردن سوخت و آشپزي گروه را بر عهده دارد) است.

جدول ٤- هزينه‌يابي عمليات قطع درخت با اره‌موتوري

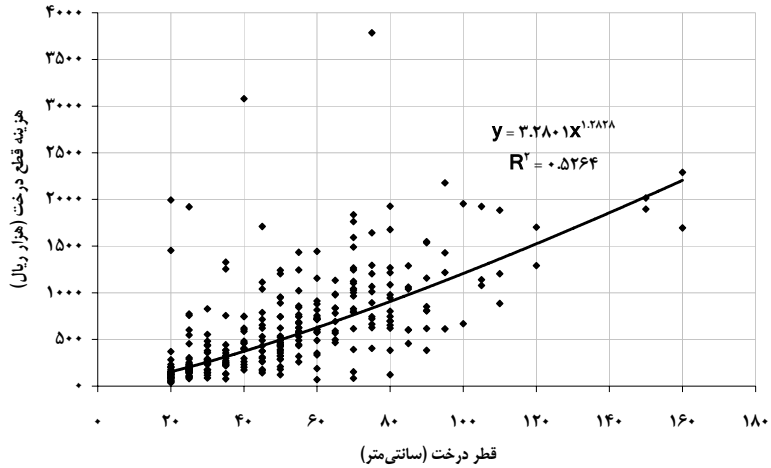
شاخص هزينه	هزينه‌هاي ثابت (ريال)				هزينه‌هاي متغير (ريال)				نرخ ماشين (ريال)	هزينه كارگري (ريال)	كل هزينه سيستم (ريال)
	استهلاک	سود سرمايه	بيمه و ماليات	هزينه در ساعت كار مفيد	تعمير و نگهداري	سوخت و روغن	زنجير	هزينه در ساعت كار مفيد			
هزينه (ريال)	٤٢٠٠٠٠٠	١٨١٣٠٠٠	٦٠١٣٠٠	٧٣٤٩	٥٢٥٠	٢٣٥٠٠٠	١٠٢٨٦	٢٥٠٥٣٦	٢٥٧٨٨٥	٢١٠٠٠٠	٤٦٧٨٨٥

هزينه قطع درخت با اره‌موتوري

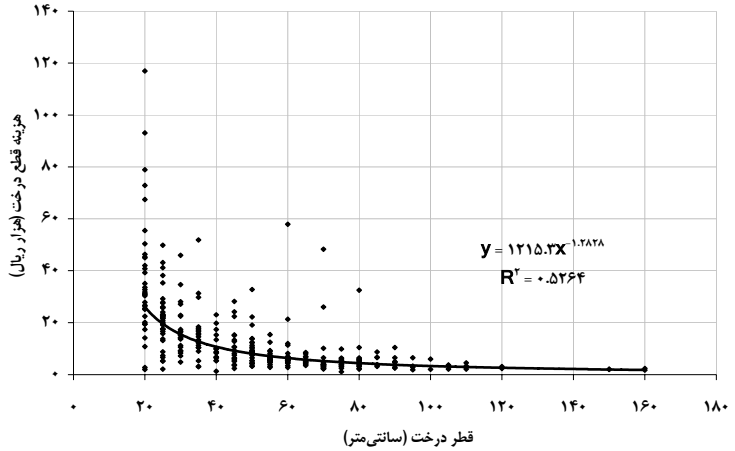
از تقسيم هزينه سيستم بر ميزان توليد، هزينه قطع درخت بدست مي‌آيد (رابطه ٣).

٣) هزينه سيستم (ريال/ساعت) / ميزان توليد (مترمكعب/ساعت) = هزينه قطع درخت (ريال/مترمكعب)

هزينه واحد توليد با احتساب زمان‌هاي تاخير و بدون احتساب آن، به ازاي هر درخت به ترتيب برابر ٣٦٢٨٠ و ٣١٨٦٨ ريال بر مترمكعب به‌دست آمد. همچنين هزينه واحد توليد با احتساب زمان‌هاي تاخير و بدون احتساب آن، براي قطع درخت به ترتيب برابر ١٠٣١٦ و ٩٠٦٢ ريال بر مترمكعب به‌دست آمد. تغييرات متغير قطر درخت بر روي هزينه قطع هر درخت محاسبه شد و نتايج نشان داد كه با افزايش قطر، هزينه قطع براي هر درخت افزايش مي‌يابد كه اين افزايش به صورت رابطه تواني است (شكل ٦) ولي هزينه واحد توليد (مترمكعب) چوب قطع شده با افزايش قطر كمتر مي‌شود و به‌صورت يك تابع تواني كم‌شونده است (شكل ٧).



شكل ٦- اثر تغييرات قطر درخت بر هزينه قطع درخت

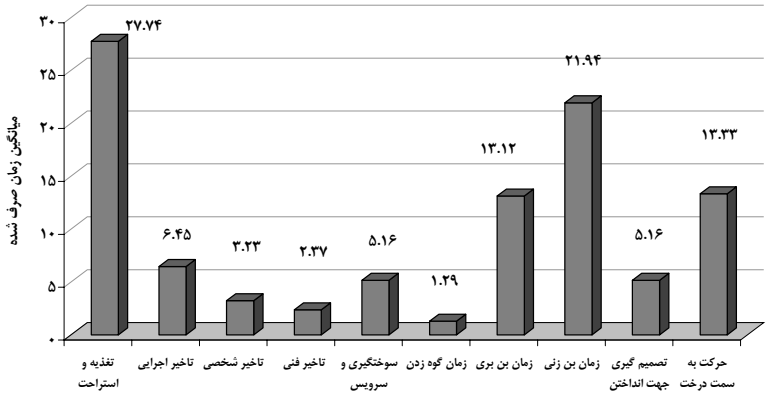


شكل ٧- اثر تغييرات قطر درخت بر هزينه واحد توليد

تجزيه و تحليل اجزاي عمليات قطع در سري گرازبن

به طور ميانگين هر نوبت كار قطع درخت ٤/٦٥ دقيقه زمان صرف مي‌نمايد كه ٤/٠٨ دقيقه (٨٧/٦٦ درصد) آن را زمان خالص تشكيل مي‌دهد (شكل ٨). به عبارت ديگر ٨٧/٦٦ درصد از زمان كار توليدي است. زمان صرف غذا و استراحت، زمان بن‌زني و حركت به سمت درخت به‌ترتيب با ٢٧/٧٤، ٢١/٩٤ و ١٣/٣ درصد بيشترين زمان يک نوبت قطع درخت را تشكيل مي‌دهد. ميانگين زمان‌هاي تاخير در هر نوبت كار ٠/٥٧ دقيقه (١٢/١ درصد) است كه تاخيرهاي اجرايي، شخصي و فني به‌ترتيب ٥٤، ٢٧ و ١٩ درصد كل زمان تاخير را شامل مي‌شوند. زمان گوه‌زدن به‌طور متوسط ٠/٠٦ دقيقه در هر نوبت بوده و ١/٣ درصد زمان كل قطع را شامل مي‌شود. تاخيرهاي فني مشاهده شده شامل خرابي اسپراكت، گيركردن و درآمدن زنجير، تيز كردن زنجير و پاره شدن زنجير هستند. زمان مربوط به سوخت‌گيري جزء زمان‌هاي كاري قرار داده شده است چون جزء زمان كار توليدي بينه‌بري با اره‌موتوري است، در واقع بر اساس تقسيم بندي Bjorheden and Thompson (1995) زمان سوخت‌گيري جزء زمان سرويس و به‌طور كلي زير شاخه زمان حمايتي[1] كار است.

[1] Supportive work time



شکل ۸- درصد زمان صرف شده اجزاي يک نوبت قطع درخت به‌وسيله اره‌موتوري با احتساب زمان تاخير

بحث و نتيجه‌گيري

سری گرازبن جنگل خيرود براي اولين بار مورد بهره‌برداري قرار مي‌گيرد و طرح جنگلداري آن در سال ۱۳۸۹ مورد تصويب قرار گرفته است. کارايي عمليات قطع درخت با اره‌موتوري به وسيله عوامل متعددي تاثير مي‌پذيرد. بسياري از اين عوامل قابل اندازه‌گيري و کمي کردن نيستند (Behjou et al., 2007 ; Ershadifar et al., 2011). در اين پژوهش عواملي که داراي تاثير قابل توجهي بر روي زمان قطع درخت بودند، اندازه‌گيري شدند. زمان حرکت به سمت درخت، زمان تصميم‌گيري در مورد جهت انداختن درخت، بن‌زني و بن‌بري اجزاء اصلي زماني قطع درخت با اره‌موتوري درنظر گرفته شدند و تنها به مطالعه و اندازه‌گيري در محل کار[1] پرداخته شد. زمان‌هاي مرتبط با خارج از محل کار مانند زمان رفت و آمد به محل کار و همچنين زمان برنامه‌ريزي با توجه به راهنماي Bjorheden and Thompson (1995) اندازه‌گيري نشدند. زمان صرف غذا و استراحت، زمان بن‌زني و حرکت به سمت درخت بيشترين زمان يک نوبت قطع درخت را شامل شده و زمان تاخير هم ۱۲ درصد زمان کار قطع درخت را تشکيل مي‌دهد. زمان سرويس و سوخت نيز ۵/۲ درصد زمان را تشکيل مي‌دهد. خرابي اسپراکت، گيرکردن، درآمدن زنجير، تيز کردن زنجير و پاره شدن زنجير نيز از جمله تاخيرهاي فني هستند که دليل عمده آن استفاده از وسايل قديمي و مستهلک، سوهان نامناسب و سوهان‌کاري نامناسب زنجير اره‌موتوري است. تاخيرهاي اجرايي با مديريت و سازماندهي کار، نظارت و فراهم بودن ابزار و وسايل مرتبط است. عدم همراه داشتن وسايل ضروري مانند تبر، گوه‌هاي مناسب و کافي و دير رساندن سوخت از جمله دلايل عمده تاخيرهاي اجرايي هستند. در اين بررسي زمان‌هاي سوخت‌گيري و سوهان‌کاري به‌عنوان زمان‌هاي پشتيباني کار در نظر گرفته شدند و جزء زمان‌هاي تاخير قرار داده نشدند.

حرکت به سمت درخت اولين جزء کاري قطع درخت است که وابسته به فاصله طي شده و شيب طولي مسير است. زمان حرکت به سمت درخت ۱۳/۳ درصد زمان يک سيکل کار قطع را شامل مي‌شود. شيوه جنگل‌شناسي گزينشي نيز عامل بسيار مهم و تاثيرگذار در زمان حرکت به سمت درخت است. در شيوه تک‌گزيني درختان به صورت پراکنده در عرصه پارسل نشانه‌گذاري مي‌شوند که فاصله طي شده نسبت به شيوه پناهي و قطع يکسره بيشتر است (Renzie, 2005). متوسط فاصله بين درختان قطع شده، ۲۲/۲۵ متر بوده و حداقل و حداکثر آن ۳۹ و ۸۰ متر است. اين مقدار فاصله نشان مي‌دهد که تراکم درختان قطع شده بيشتر بوده و اره‌موتورچي فاصله کمتري را براي قطع درختان طي نموده است که همين امر مانع ورود متغير فاصله در مدل شد. قطور بودن درختان در جنگل ناهمسال و مسن سری گرازبن به عنوان مهمترين عامل تاثيرگذار بر زمان قطع درخت

[2] Work place time

است. متوسط قطر درختان قطع شده در سری گرازبن ٥١ سانتي‌متر بوده و حداقل و حداكثر قطر درختان قطع شده به‌ترتيب ٢٠ و ١٦٠ سانتي‌متر است. تصميم‌گيري براي تعيين جهت افتادن درخت و زمان گوه زني ٦/٥ درصد زمان يک سيكل قطع درخت را شامل مي‌شوند كه به‌منظور قطع و انداختن درختان قطور و داراي تاج گسترده و انجام قطع هدايت شده[1] لازم است تا از يک سو مانع صدمه به توده باقيمانده شده و از سوي ديگر از شكستن و افت چوب جلوگيري كند.

زمان كل قطع درخت در سری گرازبن به طور متوسط ٤/٤١ دقيقه بوده و حداقل و حداكثر آن به‌ترتيب ٠/٤ و ٧٢/٥١ دقيقه (با احتساب زمان تاخير) به ازاي هر درخت است. زمان خالص قطع هر درخت به طور متوسط ٢/٥٥ دقيقه به ازاي هر درخت بوده است كه حداقل و حداكثر آن به ترتيب ٠/٤ و ١١/٤٣ دقيقه است. دو جزء اصلي قطع درخت يعني بن‌زني و بن بري به طور متوسط ١/٠٢ و ٠/٦١ دقيقه به ازاي هر درخت است و ٣٥ درصد كل زمان قطع را شامل مي‌شود. نكته قابل توجه آن است كه زمان بن زني از زمان بن بري بيشتر است كه اين حالت به دليل قطر بالاي درختان قطع شده است كه زمان لازم براي تعيين جهت مناسب قطع و بن زني دقيق را افزايش مي‌دهد. مدل رگرسيوني پيش‌بيني زمان قطع درخت در سری گرازبن تابعي از عامل قطر درخت است و ساير عوامل اثر تاثيرگذاري بر روي زمان قطع درخت نداشته‌اند و عامل قطر درخت به تنهايي ٧٧ درصد تاثير بر روي زمان قطع را توجيه مي‌كند. ميزان توليد خالص حدود ١٤ درصد بيشتر از توليد ناخالص است. در پژوهش‌هاي انجام شده پيشين (Lortz et al., 1997; Wang et al., 2004; Han and Renzie, 2005; Li et al., 2006 ; Behjou et al., 2007; Nikooy, 2007; Ershadifar et al., 2011) متغيرهاي تاثيرگذار بر روي زمان قطع يك درخت به ترتيب اهميت شامل قطر برابر سينه، فاصله بين درختان، شدت برداشت و نوع گونه هستند.

در بررسي‌هاي ذكر شده (Wang et al., 2004; Han and Renzie, 2005; Li et al., 2006 ; Behjou et al., 2007 ; Ershadifar et al., 2011)، چهار جزء كاري براي قطع درخت با اره موتوري در نظر گرفته شده است كه شامل حركت به سمت درخت، پيدا كردن درخت، قطع درخت و سرشاخه‌زني و تاج‌بري است. در اين پژوهش، قطع درخت به دو جزء بن‌زني و بن‌بري تقسيم شده است و نكته قابل توجه اين است كه عمليات بينه‌بري و سرشاخه‌زني به همراه قطع درخت انجام نمي‌شود و اره موتورچي بعد از قطع و انداختن درخت به طرف درخت بعدي حركت مي‌كند. بررسي ميزان توليد (مترمكعب در ساعت) قطع با اره موتوري نشان مي‌دهد كه با افزايش قطر، ميزان توليد بدون تاخير قطع درخت به صورت رابطه تواني افزايش مي‌يابد (Wang et al., 2004; Li et al., 2006 ; Behjou et al., 2007; Nikooy, 2007; Ershadifar et al., 2011). هزينه ساعتي محاسبه شده نشان مي‌دهد كه ٤٤ درصد آن را هزينه‌هاي كارگري (اكيپ قطع) تشكيل مي‌دهد. به عبارت ديگر هنوز هم بخش عمده‌اي از كار با اره‌موتوري وابسته به نيروي انسان است (Mitchell, 2000; Renzie, 2005). ميزان تاخيرها در عمليات قطع درختان در اين بخش چندان قابل توجه نبوده است به اين دليل كه مديريت قوي بر عمليات كار حاكم بوده است كه توانسته زمان‌هاي تاخير در كار را به نحوي مناسب مديريت نمايد.

تشكر و قدردانی

اين مقاله، حاصل قسمتی از نتايج طرح پژوهشی به شماره ٨٨٠٠١٠٨٤ است كه با حمايت صندوق حمايت از پژوهشگران و فناوران كشور اجرا شده است. بدين وسيله نويسندگان اين مقاله مراتب تشكر و قدردانی خود را اعلان می‌نمايند.

[1] Directional felling

References

- Behjou, F.K. Majnounian, B. Dvorák, J. Namiranian, M. Saeed, A. and Feghhi, J. 2009. Productivity and cost of manual felling with a chainsaw in Caspian forests. Journal of Forest Sceince. 55(2): 96–100.
- Bjorheden, R. and Thompson, M.A. 1995. An International Nomenclature for Forest Work Study. Paper presented at the XX IUFRO World Congress, Tampere, 6-12 August 1995. 16 p.
- Conway, S. 1979. Logging practice, principle of timber harvesting system. Miller Freeman, USA, 416 p.
- Dykstra, D. and Heinrich, R. 1996. FAO. Model code of forest harvesting practice. Rome, FAO. 85 p.
- Ershadifar, M., Nikooy, M. and Naghdi, R. 2011. Ability assessment of felling crew in directional felling in west forest of Guilan province. Iranian Journal of Forest. 3(2): 169-176.
- Han, H.S. and Renzie, C. 2005. Effect of Ground Slope, Stump Diameter, and Species on Stump Height for Feller-Buncher and Chainsaw Felling. International Journal of Forest Engineering. 16(2): 81-88.
- Heinemann, H.R. 2004. Forest operation under mountainous conditions. In Encyclopedia of Forest Sciences, J. Burley, J. Evans, and J. Youngquist, Editors. Elsevier Academic Press: Amsterdam, etc. P: 279-285.
- International Labour Office (ILO), 1998. Safety and health in forestry work. Geneva. Italy. 116 p.
- Kluender, R. Lortz, D. McCoy, W. Stokes, B. and Klepac, J. 1997. Removal intensity and tree size effects on harvesting cost and profitability. Forest Products Journal. 48(1): 54-59.
- Kluender, R.A. and Stokes, B.J. 1994. Productivity and costs of three harvesting methods. Southern Journal of Applied Forestry. 18(4): 168-174.
- Laitila, J. Asikainen, A. and Nuutinen, Y. 2007. Forwarding of whole trees after manual and mechanized felling bunching in pre-commercial thinning. International Journal of Forest Engineering. 18(2): 29-39.
- Li, Y., Wang, J. Miller, G. and McNeel, J. 2006. Production economics of harvesting small-diameter hardwood stands in central Appalachia. Forest Product Journal. 56(3): 81-86.
- Lortz, D., Kluender, R., McCoy, W., Stokes, B. and Klepac, J. 1997. Manual felling time and productivity in southern forests. Forest Product Journal. 47(10): 59-63.
- Mitchell, J. 2000. Productivities and costs of harvesting small openings in the Cariboo Forest Region. FERIC, Vancouver, BC. Advantage. Vol. 1 (22) 8 p.
- Nikooy, M. 2007. Optimizing Production Cost and Damage Reduction to Wood, Trees and Forest by Harvest Planning (Case Study: Asalem Forest District area). Ph.D. Thesis. Natural Resurces Faculty. University of Tehran. 215 p.
- Parker, S. 2002. Methods to improve falling safety in coastal British Columbia. FERIC, Vancouver, BC. Advantage. Vol. 3 (13) 8 p.
- Pearce, K. and Stenzel, G. 1972. Logging and pulp wood production, John Wiley & Sons, 453 p.
- Renzie, C. 2006. A Comparison of Partial Cut and Clearcut Harvesting Productivity and Cost in Old Cedar-Hemlock Forests in East Central British Columbia. MSc thesis. The University of Northern British Columbia. 131 p.
- Rummer, R. and Klepac, J. 2002. Mechanized or hand operations: which is less expensive for small timber? Published in Small Diameter Timber: Resource Management, Manufacturing, and Markets proceedings from conference held February 25-27, 2002 in Spokane, Washington. Compiled and edited by D.M. Baumgartner, L.R. Johnson, and E.J. DePuit. Washington State University Cooperative Extension. 268 p.
- Sarikhani, N. 2008. Forest utilization. Tehran University, Tehran. 728 p.
- Sessions, J. K. Boston, G. Murphy, M.G. Wing, L. Kellogg, S. Pilkerton, J.C. Zweede, and Heinrich, R. 2007. Harvesting operation in the Tropics. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 170 p.
- Sobhani, H. and Rafatneia, N. 1997. Guideline for forest harvesting plan. Forest, Range and Watershed Management Organization. Iran. 39 p.
- Spinelli, R. and Visser, R. 2008. Analyzing and estimating delays in wood chipping operations, Biomass and Bioenergy. 3: 1-5.
- Thibodeau, E.D. Krag, R.K. and Hedin, I.B. 1996. The Date Creek study: productivity of ground-based harvesting methods in the Interior Cedar-Hemlock zone of British Columbia. FERIC, Vancouver, BC. Special Report SR-114. 38 p.
- Wang, J. Long, C. McNeel, J. and Baumgras, J. 2004. Productivity and cost of manual felling and cable skidding in central Appalachain hardwood forests. Forest Product Journal. 54(12): 45-51.

Production and Costs of motor-manual tree felling in *Hyrcanian* forest

M. Jourgholami[*1], B. Majnounian[2], N. Zargham[3]
[1]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[2]Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[3]Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
(Received: 10 November 2011, Accepted: 28 April 2012)

Abstract

Tree felling includes all activities undertaken to fell standing trees and prepare them for extraction. This study was conducted in *Gorazbon* district in the *Hyrcanian* forest. The objectives of the study were to discover the special characteristics in the time consumption of manual tree felling, productivity and costs, and develop regression model of tree felling in selection conditions. The continuous time study was conducted with professional operators for chain-saw felling and the cycles were broken down into time elements. Different variables were measured such as time consumption, inter-tree distance, tree species, tree volume, and tree diameter. Rest and meal time of working crew was the most time-consuming element in felling, followed by under-cut and walk-to-tree times. The operational delay was the most time-consuming delay time. The results showed that time consumption for under-cut and backcut was increased with increasing diameter. Labor costs accounted for 44 % of the hourly cost while only 2 % was related to machine cost. A significant linear relationship was found between cycle time and diameter. Productivity of chainsaw felling was increased related to tree DBH as a power function. The cost of chainsaw felling with and without delay time were USD 3.03 and 2.7 per cubic meters, respectively. The cost of felling was increased as simple exponential function when DBH of harvested tree was decreased. However, the unit felling cost for chainsaw operation decreased as size of tree increased. Total felling cycle time without delay averaged 4.1 minutes and with delay time were averaged 4.65 minutes.

Keywords: *Gorazbon* forest, Chain-saw, Tree felling, Time study, Production, Cost.

Corresponding author: Tel: +98 26 32249312 Fax: +98 26 32249312 E-mail: mjgholami@ut.ac.ir