بررسی کارآیی اکیپ‌های قطع درختان جنگلی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در غرب استان مازندران

مرتضی معدنی‌پورکرمانشاهی[1]* و لیلا کرمعلی[2]

۱) استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پرند، تهران، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: fmmk_lk@yahoo.com

۲) استادیار گروه ریاضی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یادگار امام خمینی (ره) – شهرری، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۰۱

چکیده

کارآیی گروه‌های اره موتوری در قطع درختان جنگلی در برخی گروه‌های بهره‌بردار به دلایل مختلف کمتر از حد انتظار است که ضرورت توجه به ارتقای عملکرد این گروه‌ها را گوشزد می‌کند. نخستین گام برای بهبود عملکرد گروه‌های بهره‌بردار، ارزیابی وضع موجود آنها است. در این پژوهش تعداد ۱۲ گروه در هر یک از گروه‌های قطع دو و سه نفره بهره‌بردار (در مجموع ۲۴ گروه) به صورت تصادفی از گروه‌های قطع جنگل‌های غرب مازندران انتخاب شدند. مشخصه‌های تعداد افراد هر گروه (زمان کار پرسنل)، هزینه سیستم، ساعت کار اره موتوری و حجم چوب قطع شده برای سه روزِ کاری هر یک از گروه‌های قطع بهره‌بردار جمع‌آوری گردید. نمودارهای تعداد درختان قطع شده، حجم درختان قطع شده، هزینه سیستم، زمان کار پرسنل و زمان کار اره موتوری در گروه‌های دو و سه نفره ترسیم گردید. با استفاده از نرم‌افزار GAMS، اکیپ‌های مختلف بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این بررسی مشخصه‌های تعداد اکیپ بهره‌بردار، هزینه سیستم و ساعت کار اره موتوری به‌عنوان متغیرهای ورودی و مشخصه حجم چوب تولیدی به‌عنوان متغیر خروجی تعیین شدند. با روش تحلیل پوششی داده‌ها، اکیپ‌های دو و سه نفره به تفکیک مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که با اطمینان ۹۵ درصد، اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف بهره‌بردار در اکیپ‌های دو و سه نفره وجود ندارد. همچنین نتایج آزمون t مستقل نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین مقادیر میانگین متغیرها در اکیپ‌های دو و سه نفره وجود دارد. میانگین کارآیی‌های مدیریتی، تکنیکی و قیاسی با توجه به نتایج تحلیل پوششی داده‌ها به‌ترتیب شامل ۰/۹۲۱۵، ۰/۸۰۱۶ و ۰/۸۶۷۱ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اره موتوری، تولید و تحلیل پوششی داده‌ها، قطع درخت، مازندران.

مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها[1]، یک روش برنامه‌ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارآیی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای (DMUs) است که چندین ورودی و خروجی دارند. اندازه‌گیری کارآیی به‌دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه محققین قرار داشته است. در سال ۱۹۵۷، فارل با استفاده از روشی همانند اندازه‌گیری کارآیی در مباحث مهندسی به

[1] Data Envelopment Analysis (DEA)

اندازه‌گیری کارآیی برای واحد تولیدی اقدام کرد. روش تحلیل پوششی داده‌ها یکی از پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک در اندازه‌گیری کارآیی است. این مدل، ابزار مفیدی در سنجش کارآیی چندین واحد با ساختار تولیدی مشابه است (اکبری و هکاران، ۱۳۸۷).

به بیان ساده‌تر، مدل تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان بیشینه کردن ستانده‌ها به شرط ثابت نگه‌داشتن مجموع نهاده‌ها تعریف نمود (Wang *et al.*, 2005). در روش تحلیل پوششی داده‌ها کارآیی واحدهای تولیدی به وسیله برنامه‌ریزی خطی تعیین می‌شوند. برای این منظور می‌توان بازدهی یک واحد نهاده اضافی را ثابت (بازدهی ثابت نسبت به مقیاس) و یا متغیر (بازدهی متغیر نسبت به مقیاس) فرض کرد. در این روش می‌توان معیار کارآیی را حداکثر کردن محصول به ازای هر واحد نهاده یا حداقل کردن نهاده به ازای یک واحد محصول تعریف نمود (مهرگان، ۱۳۸۳). وجود بازدهی ثابت نسبت به مقیاس به معنی آن است که اگر به‌عنوان مثال مقدار مصرف یک نهاده ۲۰ درصد افزایش یابد، میزان تولید محصول نیز ۲۰ درصد زیاد می‌شود. این حالت تنها در صورتی وجود دارد که واحدها به صورت بهینه عمل نمایند، در غیر این صورت باید بازدهی متغیر نسبت به مقیاس را برای واحدهای تولیدی در نظر گرفت که به معنای انتظار نسبت‌های متغیر از خروجی به ورودی است (امامی‌میبدی، ۱۳۷۹).

انواع کارآیی

الف) کارآیی فنی یا تکنیکی: کارآیی فنی یا تکنیکی عبارت از توانایی یک واحد در به‌دست آوردن حداکثر خروجی با یک دسته از ورودی‌های ثابت است. این کارآیی متاثر از عملکرد مدیریتی و مقیاس آن واحد (بنگاه) می‌باشد. به عبارت دیگر کارآیی فنی، اختلاف بین نسبت خروجی به ورودی مشاهده شده با نسبت بین خروجی به ورودی در بهترین شرایط است.

ب) کارآیی تخصیصی: کارآیی تخصیصی عبارت است از توانایی یک واحد در استفاده بهینه از نهاده‌ها برای تولید که با توجه به قیمت و فناوری به گونه‌ای باشد که هزینه واحد تولیدی را حداقل نماید. در کارآیی تخصیصی فرض بر این است که سازمان مورد نظر از لحاظ تکنیکی کاملا کارآ است.

ج) کارآیی اقتصادی: کارآیی اقتصادی ترکیبی از کارآیی فنی و تخصیصی است. همان‌طور که گفته شد، کارآیی فنی بیانگر حداکثر سطح تولید ممکن برای یک بنگاه تولیدی با استفاده از نهاده‌های معین است. کارآیی تخصیصی با توجه به قیمت عوامل و محصولات و لحاظ سطح معین و ثابتی از فناوری، میزان به‌کارگیری نهاده‌ها را در اندازه بهینه‌شان نشان می‌دهد. این دو مفهوم در مجموع بیانگر کارآیی اقتصادی است که از آن به کارآیی هزینه نیز یاد می‌شود.

د) کارآیی مقیاس: کارآیی مقیاس، بیانگر نسبت کارآیی فعلی یک واحد به کارآیی در مقیاس بهینه آن واحد تولیدی است. به عبارت دیگر کارآیی مقیاس، بیانگر تولید در مقیاس بهینه یک واحد تولیدی است.

روش‌های ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارآیی فنی واحدهای تولیدی به دو گروه پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شوند. در روش‌های پارامتریک با استفاده از اصول آماری و اقتصادسنجی، یک تابع تولید تخمین زده شده و سپس کارآیی آن تعیین می‌گردد، اما روش‌های ناپارامتریک نیاز به دانستن ویژگی‌های آماری تابع تولید ندارند. در عوض در این روش، کلیه واحدهای موجود با یکدیگر مقایسه شده و با استفاده از سازوکارهای برنامه‌ریزی خطی، واحدهای موفق‌تر شناسایی می‌شوند (Fortuna, 2000).

درباره اینکه کارآیی واحدهای تولیدی چگونه محاسبه و ارزیابی می‌شود، دو روش اصلی وجود دارد:

۱) روش تابع مرزی تصادفی: در این روش، ابتدا شکل خاصی از تابع تولید (هزینه) در نظر گرفته

می‌شود و با استفاده از روش‌های رایج اقتصادسنجی تخمین زده می‌شود. طبق تعریف تابع تولید، واحدهایی که در یک صنعت کارآ عمل می‌کنند، منطبق بر تابع تولید می‌باشند و با در اختیار داشتن مقادیر تولید واحدهای تولیدی می‌توان میزان انحرافات (واریانس) مقادیر تولید واقعی با مقادیر تولید بالقوه که بر اساس تابع تولید تخمین زده شده است، کارآیی واحدها را ارزیابی و سنجش نمود. مشکل عمده این روش‌ها تخمین تابع تولید می‌باشد.

۲) روش تحلیل پوششی داده‌ها: این روش نیازی به تعیین تابع تولید ندارد. فرض کنید در یک صنعت فقط دو ورودی (نهاده) و یک خروجی (ستاده) وجود داشته باشد. اگر اطلاعات مقادیر ورودی و خروجی برای تمامی واحدهای تولیدی فعال در آن صنعت در یک فضای دو بعدی مانند شکل (۱) نشان داده شود، با اتصال نقاطی که به محورها و مبدا مختصات نزدیک‌تر هستند، تابع محدبی به‌دست می‌آید که به آن منحنی تولید مرزی (کارآ) گفته می‌شود. واحدهایی که بالاتر از این منحنی قرار می‌گیرند برای تولید همان مقدار محصول (خروجی) از مقادیر بیشتری نهاده (ورودی) استفاده کرده‌اند.

هر چه تعداد واحدهای تولیدی در یک صنعت بیشتر باشد، منحنی تولید مرزی دقیق‌تر محاسبه می‌شود. در شرایط واقعی که تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها بیشتر است، این محاسبات با استفاده از برنامه‌ریزی خطی انجام می‌گیرد (فضلی و منصوری، ۱۳۸۸). یکی از توانایی‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها، کاربرد الگوهای مختلف، متناظر با بازده به مقیاس‌های متفاوت و همچنین اندازه‌گیری بازده به مقیاس واحدها است.

الف) بازده به مقیاس ثابت: بازده به مقیاس ثابت، یعنی هر مضربی از ورودی‌ها همان مضرب از خروجی‌ها را تولید کند. الگوی (CCR)[1]، بازده به مقیاس واحدها را ثابت فرض می‌کند، بنابراین واحدهای کوچک و بزرگ، با هم مقایسه می‌شوند.

ب) بازده به مقیاس متغیر: بازده به مقیاس متغیر یعنی هر مضربی از ورودی‌ها می‌تواند همان مضرب از خروجی‌ها یا کمتر از آن و یا بیشتر از آن را در خروجی‌ها تولید کند. الگوی (BCC)[2]، بازده به مقیاس را متغیر فرض می‌کند (Banker & Thrall, 1992).

انواع الگوهای تحلیل پوششی داده‌ها

الگوهای DEA به‌طور کلی عبارتند از: الگوی CCR، الگوی BCC و الگوی جمعی.

اصول اساسی

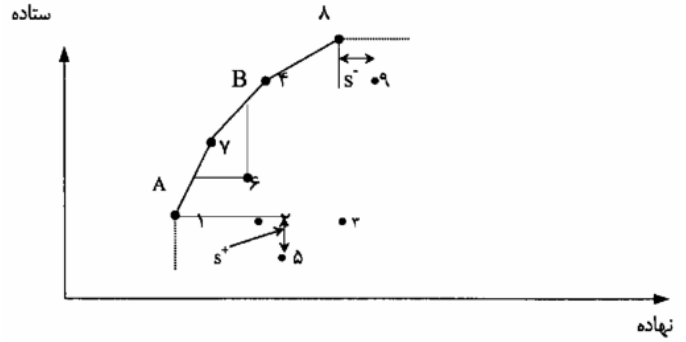
برای تشریح روش، بهتر است یک مثال ساده که متشکل از ۹ واحد با یک نهاده و یک ستاده است در نظر گرفته شود. برای ارزیابی ۹ واحد مختلف در یک دستگاه مختصات دو بعدی، مقادیر ستاده در برابر نهاده رسم و نقاط نظیر هر واحد مشخص می‌شود (شکل ۱).

به‌طور کلی، روش تحلیل به سه صورت با ماهیت نهاده‌ای، تحلیل با ماهیت ستاده‌ای و تحلیل با ماهیت ترکیبی صورت می‌گیرد. در تحلیل با ماهیت نهاده‌ای آثار تغییر نهاده‌ها در تحلیل با ماهیت ستاده‌ای آثار تغییر ستاده‌ها و در تحلیل با ماهیت ترکیبی آثار تغییر نهاده‌ها و ستاده‌ها به صورت توام بین واحدهای مختلف بررسی می‌شود.

در تحلیل با ماهیت نهاده‌ای میان واحدهایی که یک مقدار مساوی ستاده تولید می‌کنند (واحدهای ۱، ۲ و ۳)، واحدی دارای کارآیی بیشتر است که کمترین نهاده را مصرف می‌کند (واحد ۱). در تحلیل با ماهیت ستاده‌ای، میان واحدهایی که یک مقدار مساوی نهاده

[1] Charnes, Cooper, Rhodes
[2] Banker, Charnes, Cooper

مصرف می‌کنند (واحدهای ۲ و ۴) واحدی دارای بیشترین کارآیی است که ستاده بیشتری تولید می‌کند (واحد ۴). در این مثال واحدهایی که دارای بیشترین کارآیی هستند (واحدهای ۱، ۴، ۷ و ۸) نقاط مرزی محسوب شده و ترکیب خطی آنها مرز کارآیی (منحنی پوششی) را تشکیل می‌دهد. مرز کارآیی شامل دو قسمت مرز قوی (خط پر رنگ در شکل) و مرز ضعیف (خط‌چین در شکل) است.



شکل ۱. نمایش مقادیر یک ستاده در برابر یک نهاده برای ۹ واحد مورد ارزیابی

مرز ضعیف شامل نقاطی است که در مدل با ماهیت نهاده‌ای کارآ و در مدل با ماهیت ستاده‌ای ناکارآ هستند و یا بالعکس. در تحلیل با ماهیت نهاده‌ای، ارزیابی واحد ۶ نسبت به تصویر افقی آن روی مرز کارآیی (نقطه A) سنجیده می‌شود و درجه کارآیی آن عبارت از نسبت نهاده نقطه A به نهاده واحد ۶ است. همچنین، واحدهای مرجع واحد ۶ عبارتند از واحدهای ۱ و ۷، زیرا نقطه ارزیابی آن (نقطه A) از ترکیب خطی واحدهای ۱ و ۷ تشکیل شده است. نقطه ارزیابی از میانگین‌گیری وزنی نسبت به فاصله واحدهای مرجع به‌دست می‌آید و نسبت فاصله واحدهای مرجع ضریب نظیر آنها را تشکیل می‌دهد. در این مثال ضرایب نظیر واحدهای مرجع ۱ و ۷ به‌طور حدودی عبارتند از: ۰/۶ و ۰/۴. در تحلیل با ماهیت ستاده‌ای، ارزیابی واحد ۶ نسبت به تصویر قایم آن روی مرز کارآیی (نقطه B) سنجیده می‌شود و درجه کارآیی آن عبارت از نسبت ستاده نقطه B نسبت به ستاده واحد ۶ است. واحدهای مرجع واحد ۶ عبارتند از: واحدهای ۷ و ۴ و ضرایب نظیر واحدهای مرجع به‌ترتیب در حدود ۰/۶ و ۰/۴ است. برای ارزیابی واحد ۵ از یک متغیر مازاد +S که با ستاده واحد ۵ جمع می‌شود تا برابر با ستاده واحد ۱ گردد، استفاده شد و واحد ۵ با واحد ۱ سنجیده گشت. همچنین، برای ارزیابی واحد ۹ از یک متغیر کمبود -S که از نهاده واحد ۹ کم می‌شود تا برابر با نهاده واحد ۸ گردد، استفاده شد و واحد ۹ با واحد ۸ سنجش گردید.

برای بهبود عملکرد واحد ۶ از دیدگاه نهاده‌ای واحد ۶ باید خود را به نقطه A و از دیدگاه ستاده‌ای نیز باید خود را به نقطه B برساند (مؤتمنی، ۱۳۸۱). بهره‌برداری جنگل شامل مراحل فنی و اداری است که برای برداشت چوب و فراهم‌سازی عرصه برای زادآوری و برقراری ثبات و بهبود اکوسیستم جنگل در محدوده وسیعی به لحاظ زمانی و مکانی صورت می‌گیرد (Heinemann, 2004). قطع و تبدیل درخت یکی از مولفه‌های بسیار مهم سیستم بهره‌برداری است که شامل زیرمولفه‌های قطع و انداختن، سرشاخه‌زنی، بینه‌بری و تاج‌بری است.

از بین مولفه‌های بهره‌برداری، قطع درخت به‌عنوان شروع و ابتدای زنجیره کار بهره‌برداری اهمیت زیادی دارد و به شدت بر روی مراحل بعدی کار تاثیرگذار

است (نقدی و همکاران، ۱۳۸۹). در گذشته قطع درخت در جنگل‌های طبیعی و جنگلکاری بیشتر با تبر، اره دوسر دندانه‌دار رنده‌ای و اره دستی انجام می‌شد (فتحی و همکاران، ۱۳۹۰). ولی امروزه در عملیات قطع و سرشاخه‌زنی در شمال ایران، اره موتوری جایگزین ابزارهای دستی شده است. در جنگل‌های کوهستانی شمال ایران به‌دلیل داشتن شیب‌های به نسبت زیاد، درختان قطور پهن‌برگ، استفاده از شیوه‌های جنگل-شناسی گزینشی، مکانیزاسیون پیشرفته و استفاده از ماشین‌های چندکاره قطع و تبدیل کاربرد چندانی ندارد (ساریخانی، ۱۳۹۰). کار با اره موتوری به‌عنوان یک کار خطرناک و سخت شناخته می‌شود (Anonymous, 1998) و در مراحل مختلف قطع از جمله انداختن درخت، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری نیازمند انرژی، توانایی جسمی و روحی مناسب است (Dykstra & Heinrich, 1996). Kluender و Stokes (۱۹۹۶) بیان نمودند که میزان تولید و هزینه‌های اره موتوری بیشتر به قطر درختان حساس است تا حجم برداشت آنها، ولی حجم برداشت عامل بسیار مهمی در هزینه برداشت درختان کم قطر به حساب می‌آید. Li و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که عوامل موثر بر زمان قطع درخت با اره موتوری عبارت از قطر درخت و فاصله بین درختان است.

نخستین گام برای بهبود عملکرد گروه‌های بهره-بردار، ارزیابی وضع موجود آنها است. روش تحلیل پوششی داده‌ها که توسط Charnes و همکاران (۱۹۷۸) ارایه شد، نخست برای ارزیابی اقتصادی و فنی واحدهای تولیدی معرفی گردید. امروزه این روش برای ارزیابی عملکرد واحدهای خدماتی اعم از دولتی و غیردولتی، به-طور گسترده استفاده می‌شود. منعم و همکاران (۱۳۸۱)، روش DEA را به‌عنوان یک روش کارآمد در امر ارزیابی و بهبود عملکرد شبکه‌های آبیاری به‌کار بردند. برای تعیین کارآیی، رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌ها که همان تابع تولید است بررسی می‌شود. یکی دیگر از مسایل مهمی که بر روی هزینه‌ها و راندمان کاری اکیپ‌های بهره‌بردار اثرگذار است، تعداد افراد هر گروه بهره‌بردار می‌باشد. با توجه به اینکه تعداد افراد هر اکیپ در عملیات قطع درخت در جنگل‌های شمال به‌طور معمول ۲ یا ۳ نفر می‌باشد، بنابراین بررسی آماری اکیپ‌های مذکور از نظر هزینه و غیره نیز می‌تواند تعداد بهینه افراد هر گروه را مشخص نماید. بنابراین با توجه به موارد مذکور مهمترین اهداف این پژوهش شامل: ارزیابی عملکرد گروه‌های بهره‌بردار که عملیات قطع درختان را انجام می‌دهند؛ تعیین گروه‌های کارآ و ناکارآی مورد بررسی؛ و ارایه الگوی مناسب به گروه‌های ناکارآ به‌منظور بهبود کارآیی آنها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

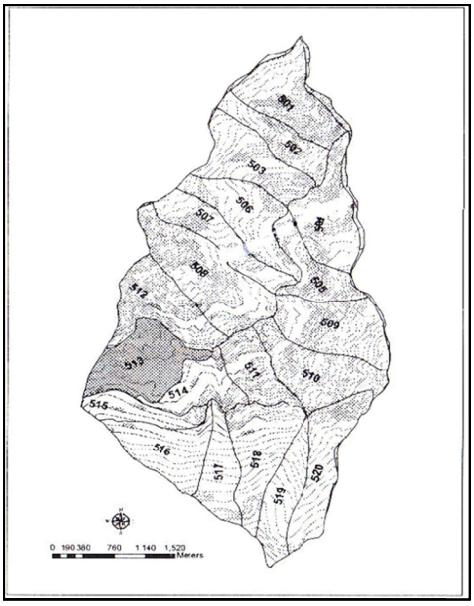
این پژوهش در پارسل‌های مختلف غرب مازندران که عملیات بهره‌برداری در آنها صورت پذیرفت، انجام شد.

با توجه به تعدد پارسل‌ها، در این بخش مشخصات یکی از مهمترین سری‌های مورد بررسی آورده شده است.

سری ۵ طرح جنگلداری صفارود، حوزه آبخیز ۳۰ رامسر می‌باشد که دارای وسعتی معادل صد هکتار و دامنه ارتفاعی ۱۰۲۰ تا ۱۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد می‌باشد. این سری در محدوده ″۲۵ ′۴۹ °۳۶ تا ″۲۷ ′۵۳ °۳۶ عرض شمالی و″۴۶ ′۲۲ °۵۰ تا ″۱۹ ′۳۵ °۵۰ طول شرقی قرار گرفته است.

از شمال با جنگل‌های سری ۷ طرح جنگلداری صفارود، از جنوب به مراتع ییلاقی و نیز بخشی از جنگل‌های سری ۶ طرح جنگلداری صفارود، از شرق با جنگل‌های سری ۴ صفارود و جنگل‌های سری ۲ طرح بینشکی و از غرب با جنگل‌های سری ۶ طرح صفارود هم مرز می‌باشد (شکل ۲).

متوسط شیب مناطق مورد بررسی ۳۰ تا ۴۰ درصد است (بی‌نام، ۱۳۸۴).



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

پس از تعیین پارسل‌های بهره‌برداری مشخصات عمومی نظیر شیب عمومی منطقه، ارتفاع و جوامع گیاهی ثبت شد. در این بررسی پارسل‌هایی انتخاب شدند که از لحاظ پوشش گیاهی، سن و شرایط فیزیوگرافی به‌طور تقریبی مشابه بودند.

تعداد ۱۲ گروه در هر یک از اکیپ‌های دو و سه نفره بهره‌بردار (در مجموع ۲۴ گروه) با سابقه کاری حداقل ۱۰ سال به‌صورت تصادفی از گروه‌های بهره‌بردار جنگل‌های غرب مازندران انتخاب شدند. مشخصه‌های تعداد اکیپ بهره‌بردار (زمان کار پرسنل)، هزینه سیستم، زمان کار اره موتوری و حجم چوب قطع شده برای سه روزِ کاری هر یک از اکیپ‌های بهره‌برداری جمع‌آوری و در فرم‌های مخصوص ثبت گردید. به‌منظور محاسبه هزینه سیستم (مجموع هزینه‌های اره موتوری و پرسنلی) از دستورالعمل پیشنهادی تهیه طرح بهره‌برداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور استفاده شد (جورغلامی و همکاران، ۱۳۹۰). نمودارهای مربوط به آمار توصیفی با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم گردید. با استفاده از آزمون‌های تجزیه واریانس و دانکن، مقادیر متغیرها در داخل هر یک از گروه‌های دو و سه نفره به تفکیک مورد آزمون قرار گرفت. به‌منظور مقایسه آماری بین متغیرها در گروه‌های دو و سه نفره از آزمون t مستقل استفاده شد.

در این بررسی مشخصه‌های تعداد اکیپ بهره‌بردار، هزینه سیستم و ساعت کار اره موتوری به‌عنوان متغیرهای ورودی و مشخصه حجم چوب تولیدی به‌عنوان متغیر خروجی تعیین گردید. با روش تحلیل پوششی داده‌ها، اکیپ‌های دو و سه نفره به تفکیک مورد ارزیابی قرار گرفتند.

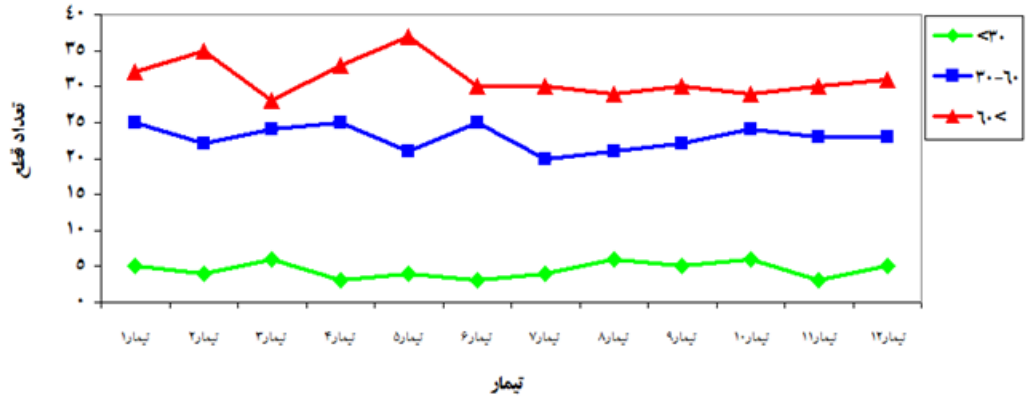
در این روش با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده و به‌کارگیری مدل‌های مختلف تحلیل پوششی داده‌ها نظیر بازده به مقیاس متغیر (BCC) و بازده به مقیاس ثابت (CCR)، مرز کارآیی مشخص و کارآیی نسبی اکیپ‌ها با آن سنجیده شدند.

مقدار کارآیی هر یک از اکیپ‌ها (DMUها) تعیین شد و با توجه به مرز کارآیی، الگوی مناسب به اکیپ‌های ناکارآ به‌منظور بهبود عملکردشان، ارایه گردید. همچنین با استفاده از نرم‌افزار GAMS، اکیپ‌های مختلف بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار گرفتند.

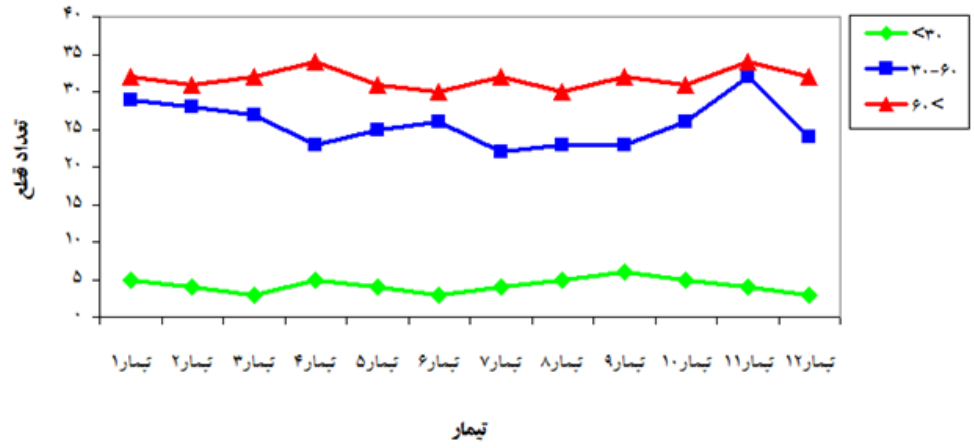
نتایج

تعداد درختان مقطوعه

نمودار تعداد درختان قطع شده در سه کلاسه قطری مختلف ۳۰>، ۶۰-۳۰ و ۶۰< سانتی‌متری که توسط ۱۲ گروه قطع بهره‌بردار دو نفره صورت پذیرفته، در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود درختان کلاسه قطور دارای بیشترین مقدار قطع و کلاسه کم‌قطر دارای کمترین تعداد می‌باشند. نمودار تعداد درختان قطع شده در سه کلاسه قطری مختلف ۳۰>، ۶۰-۳۰ و ۶۰< سانتی‌متری که توسط ۱۲ گروه مختلف بهره‌بردار سه نفره قطع شده نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود درختان کلاسه قطور دارای بیشترین مقدار قطع و کلاسه کم قطر دارای کمترین تعداد می‌باشند.



شکل ۳. نمودار تعداد درختان قطع شده در سه کلاسه قطری به تفکیک تیمارهای مختلف در گروه دو نفره



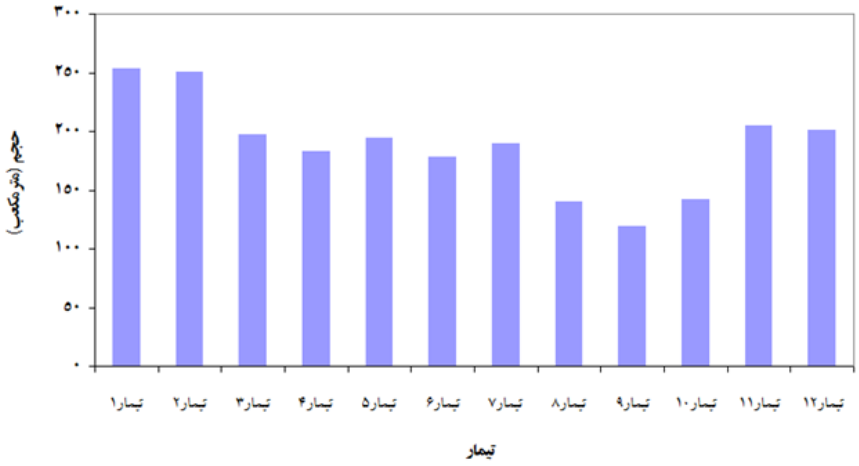
شکل ۴. نمودار تعداد درختان مقطوعه در سه کلاسه قطری به تفکیک تیمارهای مختلف در گروه‌های سه نفره

حجم

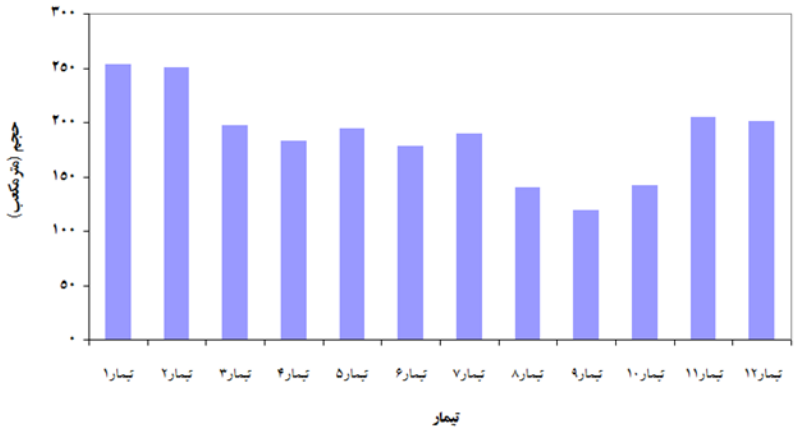
هیستوگرام حجم درختان قطع شده توسط ۱۲ گروه بهره‌بردار در اکیپ دو نفره در سه روز کاری در شکل ۵ نشان داده شده است. در این شکل گروه‌های اول و دوم با تقریبا ۲۵۰ مترمکعب دارای بیشترین مقدار حجم تولیدی و تیمار نهم با ۱۲۵ مترمکعب دارای کمترین حجم تولیدی در اکیپ دو نفره می‌باشد.

هیستوگرام حجم درختان قطع شده توسط ۱۲ گروه بهره‌بردار در اکیپ سه نفره نیز در سه روز کاری در شکل ۶ نشان داده شده است.

در این شکل گروه‌های بهره‌بردار چهارم و یازدهم به‌ترتیب با ۳۱۰ و ۱۴۰ مترمکعب حجم تولیدی در سه روز کاری دارای بیشترین و کمترین مقدار در اکیپ سه نفره می‌باشند.



شکل ۵ . نمودار حجم کل درختان قطع شده در گروه دو نفره

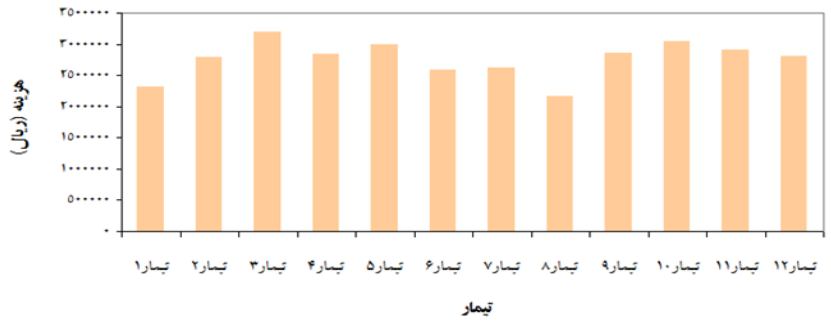


شکل ۶ . نمودار حجم کل درختان قطع شده در گروه سه نفره

هزینه

هیستوگرام هزینه قطع در هر یک از گروه‌های بهره‌بردار در اکیپ‌های دو نفره برای سه روز کاری نشان می‌دهد که تیمار یا گروه هشتم با هزینه سه روز کاری ۲،۱۴۸،۷۰۹ ریال دارای کمترین و گروه سوم با هزینه ۳،۱۷۰،۹۱۰ ریال دارای بیشترین هزینه می‌باشند (شکل ۷). هیستوگرام هزینه قطع در هر یک از گروه‌های بهره بردار در اکیپ‌های سه نفره برای سه روز کاری نیز نشان می‌دهد که گروه‌های یازدهم و پنجم به‌ترتیب با

۳،۷۹۹،۳۷۶ و ۲،۸۰۴،۹۰۸ ریال دارای بیشترین و کمترین هزینه می‌باشند (شکل ۸).



شکل ۷. نمودار هزینه کل درختان قطع شده در گروه دو نفره

شکل ۸. نمودار هزینه کل درختان قطع شده در گروه سه نفره

هیستوگرام زمان کار پرسنل به نفر ساعت به تفکیک ۱۲ گروه بهره‌بردار در اکیپ‌های دو نفره برای سه روز کاری نشان می‌دهد که گروه‌های دوم و هفتم به‌ترتیب با ۵۵/۰۷ و ۴۴/۴۷ نفر ساعت، دارای بیشترین و کمترین زمان کار می‌باشند (شکل ۹).

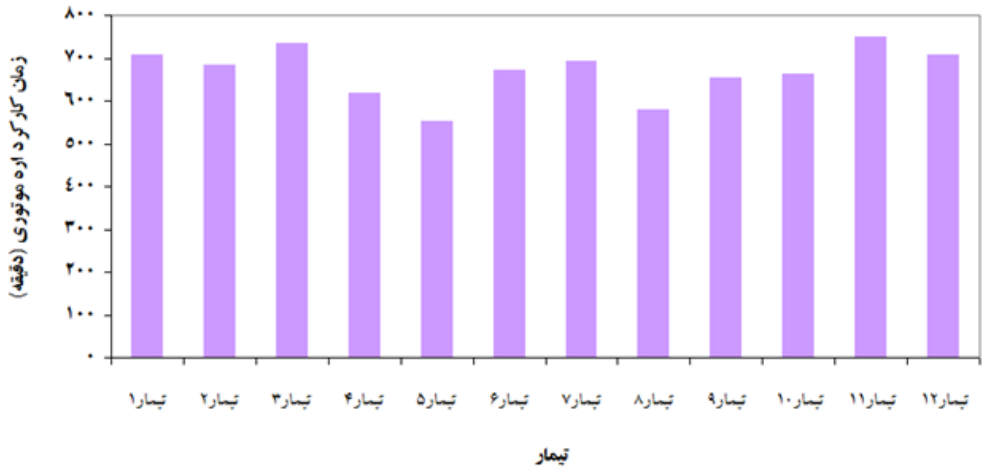
هیستوگرام زمان کار پرسنل به نفر ساعت به تفکیک ۱۲ گروه بهره‌بردار در اکیپ‌های سه نفره برای سه روز کاری نشان می‌دهد که گروه‌های دوم و یازدهم به‌ترتیب با ۷۱/۱۵ و ۶۰/۵۰ نفر ساعت، دارای بیشترین و کمترین زمان کار می‌باشند (شکل ۱۰).

شکل ۹. نمودار تعداد نیروی کار در گروه دو نفره

شکل ۱۰. نمودار تعداد نیروی کار در گروه سه نفره

هیستوگرام مدت زمان کارکرد اره موتوری به تفکیک ۱۲ گروه بهره‌بردار در اکیپ‌های دو نفره برای سه روز کاری نشان می‌دهد که گروه‌های سوم و هشتم با ۷۶۰ و ۵۱۵ دقیقه به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین زمان کارکرد اره موتوری می‌باشند (شکل ۱۱). هیستوگرام مدت زمان کارکرد اره موتوری به تفکیک ۱۲ گروه بهره‌بردار در اکیپ‌های سه نفره برای سه روز کاری نشان می دهد که گروه‌های یازدهم و پنجم با ۷۴۵ و ۵۵۰ دقیقه به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین زمان کارکرد اره موتوری می‌باشند (شکل ۱۲).

شکل ۱۱. نمودار مدت زمان کارکرد اره موتوری در گروه دو نفره



شکل ۱۲. نمودار مدت زمان کارکرد اره موتوری در گروه سه نفره

نتـایج مهمتـرین پارامترهـای آمـاری و تجزیـه واریـانس در گروه‌های دو و سه نفره

نتایج پارامترهای آماری متغیرهای مورد بررسی حجم، زمان کارکرد اره موتوری، زمان کار پرسنل و هزینه در اکیپ دو نفره در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، بیشترین چولگی مربوط به متغیر زمان کار پرسنل (۰/۳۵-) و بیشترین مقدار کشیدگی مربوط به متغیر حجم (۱/۰۵-) است. از بین متغیرهای مورد بررسی، حجم و زمان کار پرسنل به‌ترتیب با ۴۰/۱۷ و ۸/۳۳ دارای بیشترین و کمترین مقدار ضریب‌تغییرات می‌باشند.

نتایج پارامترهای آماری متغیرهای مورد بررسی حجم، زمان کارکرد اره موتوری، زمان کار پرسنل و هزینه در اکیپ سه نفره در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، بیشترین چولگی مربوط به متغیرهای کارکرد اره موتوری و هزینه (۰/۴۸-) و بیشترین مقدار کشیدگی مربوط به متغیر زمان کارکرد پرسنل (۰/۵۸-) است. از بین متغیرهای مورد بررسی، حجم و زمان کار پرسنل به‌ترتیب با ۲۹/۸۴ و ۷/۶۲ دارای بیشترین و کمترین مقدار ضریب‌تغییرات می‌باشند.

جدول ۱. نتایج پارامترهای آماری متغیرهای مورد بررسی در گروه‌های دو نفره

نام متغیر	واحد	تعداد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف‌معیار	اشتباه معیار	چولگی	کشیدگی	ضریب‌تغییرات
حجم	مترمکعب	۳۶	۱۷/۴۰	۱۱۰/۵۷	۶۲/۲۴	۲۵/۰۰	۴/۱۷	۰/۱۴	-۱/۰۵	۴۰/۱۷
کارکرد اره موتوری	دقیقه	۳۶	۱۳۰/۰۰	۲۹۵/۰۰	۲۱۹/۱۷	۳۶/۶۴	۶/۱۱	-۰/۱۸	-۰/۰۴	۱۶/۷۲
نیروی انسانی	نفر ساعت	۳۶	۱۴/۰۰	۱۸/۸۳	۱۶/۷۸	۱/۴۰	۰/۲۳	-۰/۳۵	-۰/۶۷	۸/۳۳
هزینه	ریال - روز	۳۶	۵۴۲۳۹۲/۵۰	۱۲۳۰۸۱۳/۷۵	۹۱۴۴۱۸/۱۳	۱۵۲۸۵۱/۵۰	۲۵۴۷۵/۲۵	-۰/۱۸	-۰/۰۴	۱۶/۷۲

جدول ۲. نتایج پارامترهای آماری متغیرهای مورد بررسی در گروه‌های سه نفره

نام متغیر	واحد	تعداد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف‌معیار	اشتباه معیار	چولگی	کشیدگی	ضریب‌تغییرات
حجم	مترمکعب	۳۶	۳۵/۳۰	۱۳۹/۵۰	۸۴/۵۳	۲۵/۲۳	۴/۲۰	۰/۳۸	-۰/۱۹	۲۹/۸۴
کارکرد اره موتوری	دقیقه	۳۶	۱۵۵/۰۰	۲۶۵/۰۰	۲۲۱/۵۳	۲۸/۱۵	۴/۶۹	-۰/۴۸	-۰/۴۳	۱۲/۷۱
نیروی انسانی	نفر ساعت	۳۶	۱۹/۰۰	۲۵/۲۵	۲۲/۳۷	۱/۷۰	۰/۲۸	-۰/۰۸	-۰/۵۸	۷/۶۲
هزینه	ریال - روز	۳۶	۷۹۰۴۷۴/۱۷	۱۳۵۱۴۵۵/۸۳	۱۱۲۹۷۵۴/۷۵	۱۴۳۵۷۶/۳۱	۲۳۹۲۹/۳۹	-۰/۴۸	-۰/۴۳	۱۲/۷۱

نتایج آزمون تی مستقل گروه‌های دو و سه نفره

نتایج مهمترین پارامترهای آماری متغیرهای مورد بررسی حجم، زمان کارکرد اره موتوری و زمان کار پرسنل در اکیپ‌های دو و سه نفره در جدول ۳ نشان داده شده است. مقدار میانگین تمامی متغیرها در اکیپ سه نفره بیشتر از اکیپ دو نفره می‌باشد.

نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین متغیرها در اکیپ‌های دو و سه نفره در جدول ۴ نشان می‌دهد با توجه به اینکه مقدار سطح معنی‌داری برای متغیرهای حجم، زمان کار پرسنل و هزینه کوچک‌تر از ۰/۰۵ می‌باشند، با اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار بین مقادیر میانگین متغیرها در اکیپ‌های دو و سه نفره وجود دارد.

جدول ۳. نتایج مهمترین پارامترهای آماری در گروه‌های دو و سه نفره

نام متغیر	گروه (نفر)	تعداد	میانگین	انحراف‌معیار	اشتباه معیار
حجم	۲	۶	۶۲/۲۴	۲۵/۰۰	۴/۱۷
	۳		۸۴/۵۳	۲۵/۲۳	۴/۲۰
کارکرد اره موتوری	۲	۶	۲۱۹/۱۷	۳۶/۶۴	۶/۱۱
	۳		۲۲۱/۵۳	۲۸/۱۵	۴/۶۹
نیروی انسانی	۲	۶	۱۶/۷۸	۱/۴۰	۰/۲۳
	۳		۲۲/۳۷	۱/۷۰	۰/۲۸
هزینه	۲	۶	۹۱۴۴۱۸/۱۳	۱۵۲۸۵۱/۵۰	/۲۵
	۳		۱۱۲۹۷۵۴/۷۵	۱۴۳۵۷۶/۳۱	۲۵۴۷۵ /۳۹ ۲۳۹۲۹

جدول ۴. نتایج آزمون t مستقل گروه‌های دو و سه نفره

نام متغیر	t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
حجم	-۳/۷۷	۷۰	۰/۰۰
کارکرد اره موتوری	-۰/۳۱	۷۰	۰/۷۶
نیروی انسانی	-۱۵/۲۳	۷۰	۰/۰۰
هزینه	-۶/۱۶	۷۰	۰/۰۰

نتایج برآورد کارآیی گروه‌های بهره‌برداری با استفاده از DEA

اندازه‌های کارآیی تکنیکی، مدیریتی، قیاسی، رتبه واحدهای تحت ارزیابی و همچنین واحدهای مرجع

برای آنها در جدول ۵ ارایه شده است. میانگین کارآیی‌های مدیریتی، تکنیکی و قیاسی به‌ترتیب شامل ۰/۹۲۱۵، ۰/۸۰۱۶ و ۰/۸۶۷۱ می‌باشد. کارآیی مدیریتی، ۴ گروه کارآ (گروه‌های ۱، ۷، ۸ و ۱۶)، کارآیی تکنیکی، ۲ گروه کارآ (گروه‌های ۱ و ۱۶) و کارآیی قیاسی ۲ گروه کارآ (گروه‌های ۱ و ۱۶) را نشان می‌دهند. ضعیف‌ترین گروه‌های بهره‌بردار شامل گروه بهره‌بردار ۲۳ با رتبه ۲۰ می‌باشد. گروه بهره‌بردار ۶، دارای سه واحد مرجع ۱، ۷ و ۸ به‌ترتیب با اوزان ۰/۱۵۵۲، ۰/۴۱۲۵ و ۰/۴۳۲۱ می‌باشد. جدول ۶ الگوهای ورودی برای تیمارهای مختلف بهره‌برداری را با توجه به مدل‌های انتخابی نشان می‌دهد.

جدول ۵. کارآیی گروه‌های بهره‌برداری در حالت متغیر بودن ورودی‌ها

تیمار (گروه‌های بهره‌بردار)	کارآیی مدیریتی	کارآیی تکنیکی	کارآیی قیاسی	رتبه گروه بهره‌بردار	واحدهای مرجع و ضرایب وزنی
۱	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱	۱
۲	۰/۹۵۸۱	۰/۹۵۴۰	۰/۹۹۵۷	۸	۱(۰/۹۵۶) ۷(۰/۰۴۳۹)
۳	۰/۸۸۲۶	۰/۸۰۲۹	۰/۹۰۹۷	۱۵	۱(۰/۱۲۹۹) ۷(۰/۸۷)
۴	۰/۹۲۲۸	۰/۷۹۴۴	۰/۸۶۰۹	۹	۷(۰/۹۸۰۹) ۸(۰/۰۱۹)
۵	۰/۸۸۵۲	۰/۷۹۸۴	۰/۹۰۱۹	۱۴	۱(۰/۰۷۷) ۷(۰/۹۲۲۹)
۶	۰/۹۲۰۱	۰/۷۰۲۴	۰/۷۶۳۴	۱۱	۱(۰/۱۵۵۲) ۷(۰/۴۱۲۵) ۸(۰/۴۳۲۱)
۷	۱/۰۰۰۰	۰/۸۹۲۰	۰/۸۹۲۰	۱	۷(۱)
۸	۱/۰۰۰۰	۰/۵۸۹۱	۰/۵۸۹۱	۱	۸(۱)
۹	۰/۹۲۰۰	۰/۵۱۵۱	۰/۵۵۹۹	۱۲	۷(۱)
۱۰	۰/۹۰۴۴	۰/۶۰۵۰	۰/۶۶۹۰	۱۳	۷(۱)
۱۱	۰/۹۲۰۶	۰/۸۴۹۵	۰/۹۲۲۸	۱۰	۱(۰/۲۴۶۵) ۷(۰/۷۵۳۴)
۱۲	۰/۹۷۷۳	۰/۸۹۴۶	۰/۹۱۵۴	۴	۱(۰/۱۷۹۳) ۷(۰/۸۲۰۶)
۱۳	۰/۹۹۲۴	۰/۹۷۵۳	۰/۹۸۲۷	۲	۱(۰/۲۹۵۴) ۱۶(۰/۷۰۴۵)
۱۴	۰/۹۹۱۶	۰/۹۷۹۹	۰/۹۸۸۲	۳	۱(۰/۵۴۸۲) ۱۶(۰/۴۵۱۷)
۱۵	۰/۹۷۲۳	۰/۹۵۲۵	۰/۹۷۹۶	۴	۱(۰/۱۳۲۸) ۱۶(۰/۸۶۷۱)
۱۶	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱	۸(۱)
۱۷	۰/۹۶۴۰	۰/۶۶۷۴	۰/۶۹۲۳	۶	۱(۰/۴۳۱۷) ۸(۰/۵۶۸۲)
۱۸	۰/۹۷۰۹	۰/۹۵۷۳	۰/۹۸۶۱	۵	۱(۰/۴۵۰۴) ۱۶(۰/۵۴۹۵)
۱۹	۰/۷۸۰۰	۰/۶۵۲۴	۰/۸۳۶۴	۱۹	۷(۰/۵۱۹۴) ۸(۰/۰۴۴۱)
۲۰	۰/۹۶۰۱	۰/۸۶۲۴	۰/۸۹۸۳	۷	۱(۰/۹۷۷۶) ۱۶(۰/۰۲۲۳)
۲۱	۰/۸۴۲۸	۰/۷۸۸۰	۰/۹۳۵۰	۱۷	۱(۰/۸۸۰۳) ۷(۰/۱۱۹۶)
۲۲	۰/۸۵۶۸	۰/۸۱۲۰	۰/۹۴۷۷	۱۶	۱(۰/۷۶۱۱) ۱۶(۰/۲۳۸۸)
۲۳	۰/۷۱۳۹	۰/۴۵۳۷	۰/۶۳۵۵	۲۰	۷(۰/۷۲۲۹) ۸(۰/۲۷۷)
۲۴	۰/۷۸۱۱	۰/۷۴۰۹	۰/۹۴۸۶	۱۸	۱(۰/۷۴۶۶) ۷(۰/۲۵۳۳)
میانگین	۰/۹۲۱۵	۰/۸۰۱۶	۰/۸۶۷۱	–	–

جدول ۶. الگوهای ورودی گروه‌های بهره‌برداری

تیمار (گروه‌های بهره بردار)	ورودی ۱	ورودی ۲	ورودی ۳
۱	۲۲۹۴۷۳۸	۵۳/۱۷	۵۵۰/۰۰
۲	۲۶۵۸۲۶۶	۵۲/۷۶	۶۳۷/۱۳
۳	۲۷۹۸۶۹۷	۴۵/۶۹	۶۷۰/۷۹
۴	۲۵۹۸۹۱۸	۴۴/۶۰	۶۲۲/۹۱
۵	۲۶۴۰۷۶۰	۴۵/۱۵	۶۳۲/۹۳
۶	۲۳۶۰۹۵۷	۴۸/۹۲	۵۶۵/۸۷
۷	۲۶۰۷۶۵۶	۴۴/۴۷	۶۱۵/۰۰
۸	۲۱۴۸۷۰۹	۵۱/۶۳	۵۱۵/۰۰
۹	۲۶۱۰۱۶۰	۴۴/۴۷	۶۲۵/۶۰
۱۰	۲۷۳۵۷۲۳	۴۴/۴۷	۶۵۵/۷۰
۱۱	۲۶۶۹۳۵۸	۴۶/۶۴	۶۳۹/۷۹
۱۲	۲۷۳۲۰۶۷	۴۶/۱۰	۶۵۴/۸۲
۱۳	۳۵۶۸۰۷۰	۶۳/۷۶	۶۹۹/۶۴
۱۴	۳۴۳۸۹۲۳	۵۹/۹۹	۶۷۴/۳۲
۱۵	۳۶۱۹۷۵۴	۶۶/۱۲	۷۰۹/۷۸
۱۶	۳۱۳۶۳۹۸	۶۸/۰۰	۶۱۵/۰۰
۱۷	۲۲۱۲۰۳۱	۵۲/۴۴	۴۴۹/۹۶
۱۸	۳۳۱۷۳۴۸	۶۱/۴۱	۶۷۰/۰۰
۱۹	۲۴۵۱۰۷۲	۴۸/۵۸	۶۱۶/۱۴
۲۰	۲۳۲۱۴۵۷	۵۵/۳۴	۴۷۴/۱۲
۲۱	۲۶۱۴۶۱۴	۵۲/۲۲	۶۰۸/۳۰
۲۲	۲۷۰۳۱۲۵	۵۶/۷۰	۶۱۸/۶۴
۲۳	۲۴۸۰۵۱۶	۴۶/۴۵	۶۸۱/۳۵
۲۴	۲۷۲۸۱۹۳	۵۰/۹۹	۶۸۴/۹۱

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس گروه‌های مختلف بهره‌بردار در درون اکیپ‌های دو و سه نفره در این پژوهش نشان داد که هیچ یک از متغیرهای مورد بررسی (حجم تولیدی، کارکرد اره موتوری، زمان کار پرسنل و هزینه) در سطح احتمال مورد نظر اختلاف معنی‌دار نداشتند. به عبارت دیگر ۱۲ تیمار که در اکیپ‌های دو و سه نفره به عملیات قطع درختان پرداخته‌اند، از لحاظ میزان حجم تولیدی و سایر متغیرهای مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند که این امر مبین یکسان بودن توانایی گروه‌های مختلف بهره‌بردار در انجام کار می‌باشد.

در این پژوهش به‌طور تقریبی در تمامی متغیرهای مورد بررسی، مقادیر عملکرد اکیپ‌های سه نفره بیشتر از اکیپ‌های دو نفره می‌باشد که این اختلاف با استفاده از آزمون t مورد آزمون قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که در مورد متغیرهای حجم، زمان کار پرسنل و هزینه اختلاف معنی‌دار بین مقادیر میانگین متغیرها در اکیپ-های دو و سه نفره وجود دارد. این امر مبین افزایش کارکرد اکیپ‌های سه نفره نسبت به اکیپ‌های دو نفره از لحاظ متغیرهای مورد بررسی می‌باشد. در حالی که نتایج تحقیقات لطفعلیان و پارساخو (۱۳۹۱)، در خصوص تعیین تعداد بهینه افراد در امر بهره‌برداری را دو نفر بیان داشته است که علت آن می‌تواند ناشی از تفاوت شرایط محیطی (فیزیوگرافی و...) و تخصص اکیپ‌های بهره‌بردار می‌باشد.

از آن جایی که در این پژوهش کارآیی تکنیکی حاصله با هدف حداقل‌سازی ورودی‌های مدنظر برای گروه‌ها در نظر گرفته شده است، می‌توان نتیجه گرفت که

در جامعه تحت بررسی به‌طور متوسط ۱۹/۸۴ درصد از مصرف ورودی‌های مختلف شامل نیروی انسانی، زمان کارکرد اره موتوری و هزینه سیستم را می‌توان کاهش داد، بدون اینکه میزان خروجی مورد نظر حجم کاهش یابد. از آنجایی که در سطح جنگل‌ها که منابع طبیعی مهم کشور به حساب می‌آیند، در نظر گرفتن این هدف در طراحی برنامه‌های بهره‌برداری از اهمیت زیادی برخوردار است، بنابراین نتایج کارآیی تکنیکی نشان می‌دهد که با اصلاح مدیریت و همچنین ارتقا سطح فناوری مورد استفاده در شرکت‌های بهره‌برداری، می‌توان با به‌کار بردن ورودی‌های کمتر همین سطح خروجی فعلی را تولید نمود.

از میان گروه‌های بهره‌برداری مورد مطالعه دو گروه دارای بیشترین کارآیی تکنیکی بودند، یازده گروه دارای کارآیی تکنیکی بین ۰/۸ تا ۱، هشت گروه دارای کارآیی تکنیکی بین ۰/۶ تا ۰/۸ و سه گروه کمتر از ۰/۶ بودند. بر این اساس از میان گروه‌های بهره‌برداری تقریبا ۸/۳ درصد کارآ، ۴۵/۸۳ درصد دارای کارآیی بین ۰/۸ تا ۱، تقریبا ۳۳/۳ درصد کارآیی تکنیکی بین ۰/۶ تا ۰/۸ و ۱۲/۵ درصد کارآیی تکنیکی کمتر از ۰/۶ را دارا می‌باشند. به‌منظور بررسی علل ناکارآیی گروه‌های ناکارآ، کارآیی تکنیکی به دو گروه کارآیی قیاسی و مدیریتی تجزیه می‌شود که رابطه بین این سه نوع کارآیی در رابطه (۱) نشان داده شده است:

رابطه (۱)

کارایی تکنیکی(TE)=کارایی قیاسی(SE)*کارایی مدیریتی(PTE)

با استفاده از اندازه کارآیی قیاسی وجود شرایط نامطلوبی که منجر به ناکارآیی گروه مربوطه شده و با استفاده از اندازه کارآیی مدیریتی وجود ضعف مدیریتی که منجر به عملکرد ناکارآیی گروه شده است را می‌توان شناسایی نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین کارایی مدیریتی و قیاسی در گروه‌های بهره‌برداری به‌ترتیب ۰/۹۲۴۵ و ۰/۸۶۷۱ می‌باشد. به لحاظ مدیریتی ۰/۰۷۵۵ یعنی ۷/۵۵ درصد ناکارآیی در گروه‌های بهره‌برداری وجود دارد. گروه‌های ۱، ۷، ۸ و ۱۶ کارآیی مدیریتی هستند و این در حالی است که از میان آنها تنها گروه‌های ۱ و ۶ کارآیی تکنیکی هستند. از آنجایی که کارآیی تکنیکی تابعی از کارآیی مدیریتی و قیاسی است، با توجه به نتایج آنچه که باعث ناکارآیی گروه ۷ و ۸ به لحاظ تکنیکی می‌شود، ناکارآیی ناشی از مقیاس است. این امر نشان می‌دهد که در گروه‌های ۷ و ۸ ترکیب ورودی‌ها صحیح بوده و آنچه که باعث کارآیی تکنیکی کمتر از ۱ برای این واحدها شده است، عدم فعالیت در مقیاس بهینه است. بنابراین با توجه به میانگین کارآیی قیاسی (۰/۸۶۷۱) تقریبا ۱۳/۲۹ درصد از ورودی‌ها بدون هیچ فایده‌ای استفاده شده‌اند که این موارد نیاز به یک‌سری برنامه‌ریزی بلندمدت برای کارآ نمودن گروه‌ها از طریق حرکت به سمت مقیاس بهینه دارد.

منابع

اکبری، ن.، زاهدی، م. و منفردیان، م. (۱۳۸۷) بررسی عملکرد کارآیی صنعت دامداری در سطح کشور، رهیافت تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۸(۳): ۱۶۰-۱۴۱.

امامی‌میبدی، ع. (۱۳۷۹) اصول اندازه‌گیری کارآیی و بهره‌وری. موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران، ۲۹۰ صفحه.

جورغلامی، م.، اتحادابری، م. و فتحی، ج. (۱۳۹۰) کارآیی، تولید و هزینه عملیات قطع، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری با اره‌موتوری در جنگل خیرود. مجله تحقیقات و علوم مهندسی جنگل، ۱(۲): ۶۷-۵۶.

ساریخانی، ن. (۱۳۹۰) بهره‌برداری جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۷۲۸ صفحه.

فتحی، ج.، آذرنوش، م.ر.، رافت‌نیا، ن.ا. و میرعرب، ج. (۱۳۹۰) ارایه مدل قطع درخت به وسیله اره موتوری به شیوه تک گزینی،

مطالعه موردی بخش نمخانه جنگل خیرود. فصلنامه علمی و پژوهشی جنگل و صنوبر ایران، ۱۹(۲): ۳۴۰-۳۵۱.

فضلی، ص. و منصوری، ص. (۱۳۸۸) مقایسه رویکردهای تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در رتبه‌بندی شاخص‌های کلیدی تصمیم‌گیری خرید و فروش سهام. فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، ۶(۱۵): ۲۴-۱.

بی‌نام. (۱۳۸۴) اداره کل منابع طبیعی استان مازندران، کتابچه طرح جنگلداری صفارود، ۲۰۵ صفحه.

لطفعلیان، م. و پارساخو، آ. (۱۳۹۱) برنامه‌ریزی شبکه جاده‌های جنگلی. نشر آییژ، تهران، ۱۶۸ صفحه.

منعم، م.ج.، علی‌رضایی، م.ر. و صالحی، ا. (۱۳۸۱) ارزیابی عملکرد بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری به روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶(۴): ۱۱-۲۴.

مهرگان، م.ر. (۱۳۸۳) ارزیابی عملکرد سازمان‌ها: رویکردی کمی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها. دانشگاه تهران، تهران، ۱۷۴ صفحه.

مؤتمنی، ع.ر. (۱۳۸۱) طراحی مدل پویایی بهره‌وری با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA). رساله دکتری رشته مدیریت تولید و عملیات، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۳۳۱ صفحه.

نقدی، ر.، فیروزی، ا.ح.، نیکویی، م. و براری، ک. (۱۳۸۹) ارزیابی تولید و هزینه اسکیدر HSM904 و Timber jak C-405 در جنگل‌های چوب و کاغذ مازندران، بررسی موردی سری سرخکلا. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوبی، دانشکده منابع طبیعی، ۶۳(۱): ۹۱-۱۰۲.

Anonymous. (1998) Safety and health in forestry work. International Labor Office (ILO) Geneva, Italy,116p.

Banker, R.D. and Thrall, R.M. (1992) Estimation of returns to scale using data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 62(1992): 74-78.

Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2(1978): 429-444.

Dykstra, D.P. and Heinrich, R. (1996) FAO model code of forest harvesting practice. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome: 1-89.

Fortuna, T. (2000) A DEA model for the efficiency evaluation of non-dominated phats. Journal of Operational Research, 121(2000): 549-554.

Heinemann, H.R. (2004) Forest operation under mountainous conditions. In: J. Burley, J. Evans and J. Youngquist (Eds.). Encyclopedia of forest sciences. Elsevier Academic Press, Amsterdam: 279-285.

Kluender, R.A. and Stokes, B.J. (1996) Felling and skidding productivity and harvesting cost in Southern Pine Forest. In: Proceedings of certification-environmental implications for forestry operations. September 9-11, Quebec City, Quebec, Joint Conference Canadian Woodlands Forum, Canadian Pulp and Paper Association and International Union of Forest Research Organizations: 35-39.

Li, Y., Wang, J., Miller, G. and McNeel, J. (2006) Production economics of harvesting small-diameter hardwood stands in central Appalachia. Forest Products Journal, 56(3): 81-86.

Wang, Y.M., Greatbanks, B. and Yang, B. (2005) Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. Fuzzy Sets and Systems, 153(2005): 347–370.

Evaluating Efficiency of Forest-Trees Felling Motor-Manual Groups Using Data Envelopment Analysis Method in West of Mazandaran Province

Morteza Madanipour Kermanshahi[1*] and Leila Karamali[2]

1) Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Parand Branch Islamic Azad University, Tehran, Iran. *Corresponding Author Email Address: fmmk_lk@yahoo.com
2) Assistant Professor, Department of Mathematics, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Date of submission: 2017/11/08 Date of Acceptance: 2018/01/21

Abstract

The efficiency of motor-manual groups in process of felling trees is less than expected in some utilization groups, which indicates the needs for improving the performance of these groups. The first step of the efficiency improvement is the evaluation of the current status of these groups. In this study, the felling groups were randomly selected in 12 gropes from the forests of West Mazandaran. Each group included 2 and 3 operator (a total of 24 groups). The characteristics of each group (the number of people, system cost, chainsaw hours-of-operation and the cutting wood volume) were collected for three working days. The required diagrams (number of felled trees, the cutting wood volume, system cost, hours of operation and chainsaw hours-of-operation) were prepared and investigated by GAMS software. The number of people, system cost, chainsaw hours-of-operation as well as the cutting wood volume was designed as input and output variables, respectively. The data were also analysed through data envelopment analysis (DEA). The DEA results indicated that the effectiveness of managerial, technical and inductive were 0/9215, 0/8016, and 0/8671 respectively.

Keywords: Chainsaw, Mazandaran, Production and DEA, Tree felling.