مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال چهاردهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱
ص ۲۲۶-۲۱۳
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2022.317046.1824
شناسه دیجیتال (DOR):20.1001.1.20086113.1401.14.2.8.6

اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های بهره‌برداری جنگل با حضور خروجی‌های نامطلوب (مطالعهٔ موردی: استان گیلان)

ژاله ملایی بوساری[۱]، سلیمان محمدی لیمائی[۲*]، امیراسلام بنیاد[۲] و علیرضا امیرتیموری[۳]

[۱] دانشجوی دکتری جنگلداری دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان
[۲] استاد گروه جنگلداری دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان
[۳] استاد گروه ریاضی دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی رشت، گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۷ ؛تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۶)

چکیده

هدف این پژوهش اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های بهره‌برداری چوب در استان گیلان با در نظر گرفتن آلایندگی به‌عنوان خروجی نامطلوب است. بدین منظور از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های بهره‌برداری چوب استفاده شد. برای اجرای این پژوهش داده‌های دوره‌ای ده‌ساله (۱۳۹۵ تا ۱۳۸۶) مربوط به دوازده شرکت بهره‌برداری صنعت چوب جنگل در استان گیلان جمع‌آوری شد. در ابتدا از روش کاهش متغیر برای کاهش شاخص‌ها استفاده شد و سپس با استفاده از روش سوپر کارایی به رتبه‌بندی واحدها پرداخته شد. نتایج نشان داد که با توجه به اهمیت خروجی نامطلوب (آلایندگی هوا) تعدادی از شرکت‌ها مانند شرکت‌های روکش چوبی ایران و تعاونی جنگل لیل با وجود خروجی نامطلوب زیاد از نظر کارایی در رتبهٔ خوبی قرار دارند. با توجه به وجود خروجی نامطلوب (آلایندگی هوا) در شرکت‌های بهره‌برداری جنگل می‌توان با کاهش آلایندگی، عملکرد شرکت‌هایی را که کارایی زیاد در کنار خروجی نامطلوب دارند بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، رتبه‌بندی، صنایع چوب گیلان، ورودی- خروجی.

مقدمه

عوامل بسیاری چون کشاورزی، دامداری سنتی، زندگی عشایری، استفاده از چوب به‌عنوان سوخت، بهره‌برداری غیراصولی و رشد جمعیت روستاها، موجب تخریب این منابع و کاهش روزافزون آنها شده است. محدودیت منابع و امکانات تولید از زمان گذشته همواره مطرح بوده است و در آینده نیز با شدت بیشتری بر شرایط اقتصادی تحمیل خواهد شد. از این رو بررسی علمی استفادهٔ بهینه از امکانات و منابع در دسترس و ارتقای کارایی به‌منظور دستیابی به رفاه و پاسخگویی به نیازهای رو به رشد بسیار حائز اهمیت است. جنگل به‌منزلهٔ ثروتی خدادادی به لحاظ کارکرد اقتصادی- اجتماعی، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. جنگل در اقتصاد کشورها از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا قابل تجدید حیات بوده و سرمایه‌ای است که می‌توان با مدیریت صحیح اصل سرمایه را برای همیشه حفظ کرد و از سود سرمایهٔ آن بهره برد. اندازه‌گیری کارایی اولین گام در چرخهٔ بهبود عملکرد است. سنجش کارایی از آنجا ضرورت می یابد که با توجه به کمبود منابع و امکانات در

*نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۳۶۴۵۹۹ ایمیل: limaei@guilan.ac.ir

شرایط کنونی این منابع باید به‌گونه‌ای تخصیص داده شوند که سازمان یا نهاد مورد نظر بتواند حداکثر تولید یا خدمات را از طریق آن منابع عرضه کند. ارزیابی عملکرد به مجموعهٔ اقدامات و فعالیت‌هایی گفته می‌شود که به‌منظور افزایش استفادهٔ بهینه از امکانات و منابع با هدف دستیابی به اهداف صورت می‌گیرد. اندازه‌گیری و کنترل کارایی از مهم‌ترین اقدامات برای افزایش کارایی واحدهاست. یکی از روش‌های پرکاربرد و شناخته‌شده برای اندازه‌گیری کارایی[1]، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[2]) است (Mehregan, 2008). تعیین اندازهٔ کارایی به‌منظور بررسی و بهبود عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده بسیار حائز اهمیت است. برای تعیین اندازهٔ کارایی به تابع تولید نیاز داریم. با توجه به در دسترس نبودن تابع تولید، DEA تابع تولیدی را تخمین می‌زند که براساس مشاهدات حداکثر ترکیب خروجی را به‌ازای ترکیبی از ورودی‌ها ارائه می‌دهد.

DEA رویکرد داده‌محور به‌نسبت جدیدی برای ارزیابی عملکرد واحدهاست (Cooper, 2006). DEA خیلی زود در اندازه‌گیری کارایی نسبی[3] صنایع جنگلی رواج یافت، اما تعداد مقالات مبتنی بر کاربرد این روش در ارزیابی بازده صنایع جنگلی در جهان خیلی محدود است. Sporcic et al. (2009) با اندازه گیری بازده واحدهای سازمانی در جنگلداری کرواسی با استفاده از مدل های ناپارامتریک[4] نتیجه گرفتند که می‌توان از DEA به‌عنوان نوعی ابزار تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ[5] قدرتمند و باارزش در مدیریت جنگل استفاده کرد. ماهیت داده‌محور بودن و اصل متجانس (همگن) بودن DEA ممکن است سبب بروز مشکلاتی در مسائل کاربردی شود. در دنیای واقعی ممکن است واحدهای تصمیم‌گیرنده دارای شرایط همگنی نباشند یا تحت تأثیر عوامل کنترل‌ناپذیر باشند. ارزیابی کارایی در حضور عوامل نامطلوب، نخستین بار توسط Farrel et al. (1986) در یک مدل DEA غیرخطی مطرح شد. Scheel (2001) مدل‌های شعاعی را پیشنهاد کرد که همزمان خروجی‌های مطلوب[6] و نامطلوب[7] را در نظر می‌گیرند. Kao et al. (1991-1992) از اولین کسانی بودند که از DEA برای اندازه گیری کارایی صنایع جنگلی استفاده کردند. Mohammadi Limaei (2013) با ارزیابی کارایی چهارده شرکت جنگلداری ایرانی با استفاده از مدل دومرحله‌ای DEA نشان داد که عملکرد ضعیف در زیرفرایند برداشت، علت کارایی کم در سال ۲۰۱۰ بوده است. Malaii et al. (2014) با بررسی کارایی تخصیصی- اقتصادی[8] شرکت سهامی جنگل شفارود گیلان با روش DEA نشان دادند که شرکت مذکور از نظر کارایی تخصیصی اقتصادی در هر سه مدل هزینه، درآمد و سود در سال‌های پنجم (۱۳۸۵)، هفتم (۱۳۸۷) و نهم (۱۳۸۹) کاملاً کارا بوده، ولی در بقیهٔ سال‌ها بهره‌وری چندانی نداشته است. Zadmirzaei et al. (2016) با استفاده از روش DEA شبکه‌ای[9] به تعیین کارایی نسبی شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران پرداختند و بیان کردند تا زمانی که کارایی واحدهای تولیدی و سودآوری افزایش یابد، باید مصرف ورودی‌های نهایی را کاهش داد. Heydarian et al. (2016) با ارزیابی کارایی نهالستان‌های جنگلی شمال ایران با استفاده از روش DEA نشان دادند که عملکرد نهالستان‌های شاندرمن، جوکندان، پسسون و غروغ کاملاً کارامد است. Zadmirzaei et al. (2018) با ارزیابی کارایی نسبی چهارده واحد مدیریت جنگل در ایران با استفاده از دو روش تحلیل پوششی داده‌های قطعی و تصادفی نشان دادند که کارایی نسبی آنها اندک است و پس از استفاده از مدل‌های DEA بیان کردند که مدیران واحدهای ناکارامد باید

1. Efficiency
2. Data Envelopment Analysis
3. Relative efficiency
4. Non-parametric models
5. Multi-criteria decision making
6. Desirable output
7. Undesirable output
8. Allocation-economic efficiency
9. Network DEA

خروجی خود را افزایش دهند و در غیر این‌صورت نخواهند توانست بهره‌وری کلی خود را افزایش دهند. Zadmirzaei et al. (2019) به‌منظور سنجش و مقایسهٔ کارایی نسبی واحدهای مدیریت جنگل تحت سیستم های مختلف مدیریت، مدل تحلیل پوششی داده‌ها در حضور ورودی‌های اختیاری و خروجی‌های ترکیبی را ایجاد کردند و بیان داشتند که مدل اصلاح‌شدهٔ SND-DEA در سطوح مختلف احتمالاً نتایج متفاوتی را در مقایسه با نتایج حاصل از مدل‌های قطعی ارائه می‌دهد. در پژوهشی دیگر، Mohammadi Limaei (2020) با ارزیابی عملکرد واحدهای مدیریت جنگل در استان گیلان با در نظر گرفتن اهداف اقتصادی و پویایی کربن نشان داد که با انتخاب سناریوی مناسب، می‌توان اندازهٔ کارایی را دقیق‌تر به‌دست آورد و در نتیجه تصمیمات مناسب‌تری برای بهبود عملکرد اتخاذ کرد.

در روش های کلاسیک تئوری تولید در بیان عام و DEA در بیان خاص، در سطح فناوری، هدف، حداقل کردن ورودی‌ها و حداکثر کردن خروجی‌هاست. درحالی که واحدها و سازمان‌هایی نظیر کارخانه‌ها، بیمارستان‌ها و... در فرایند فعالیت و تولید ممکن است افزون‌بر تولید خروجی‌های مطلوب ضروری، خروجی‌های نامطلوبی نیز مانند ذرات معلق در هوا، ضایعات، آلودگی و غیره تولید کنند. حضور خروجی‌هایی از این‌دست، تحت عنوان عوامل محیطی، اثر مهمی در برآورد کارایی این واحدها دارد. در ارزیابی چنین واحدهایی، هدف استفاده از روشی است که افزون‌بر سازگاری با مفاهیم تئوری تولید، امکان کاهش خروجی‌های نامطلوب و افزایش خروجی‌های مطلوب وجود داشته باشد (Kazemi Matin, 2011). در مورد خروجی‌های نامطلوب پژوهش‌های زیادی انجام گرفته است، ولی پژوهش‌ها دربارهٔ اندازه‌گیری کارایی با خروجی‌های نامطلوب محدود است. Seiforad et al. (2002) نشان دادند که با استفاده از مدل‌های استاندارد DEA با افزایش خروجی‌های مطلوب و کاهش خروجی‌های نامطلوب می توان عملکرد واحد را بهبود داد؛ بنابراین با کاهش آلایندگی (خروجی نامطلوب) و افزایش خروجی های مطلوب (مانند حجم کل درآمد و حجم کل برداشت) می توان عملکرد شرکت‌های چوب را بهبود بخشید. به‌عبارت دیگر با این روش شرکت‌هایی مانند شرکت روکش چوبی ایران که در رتبهٔ یک قرار داشته، ولی آلایندگی زیادی دارد، با کاهش خروجی نامطلوب عملکرد بهتری خواهند داشت. Fare et al. (1989) برنامه‌ای غیرخطی برای مدل های DEA برای سیستم تولید کاغذ در حالتی که خروجی‌های مطلوب افزایش و خروجی‌های نامطلوب کاهش یابند ارائه کردند. Chung et al. (1995)یک تابع فاصله ایجاد و از آن به‌عنوان یک عنصر در شاخص بهره‌وری جدید استفاده کردند. این شاخص مشکل ناشی از تولید مشترک خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را حل می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

جنگل های استان گیلان ۵۶۵ هزار هکتار مساحت دارند (Azizi et al., 2002). پیش از طرح تنفس جنگل، شرکت های تعاونی جنگل آستاراچای، تعاونی جنگل نارون، راشستان، تحقیقات و توسعهٔ باران‌گستر، پویا سپیدار گیلان، تعاونی جنگل ملک‌رود، روکش چوبی ایران، تعاونی جنگل لیل، تعاونی جنگل نرماش، مهندسی احیای جنگل آستانه، کشت و صنعت رویان چوب نوشهر و شفارود تا سال های ۹۶-۱۳۹۵ فعال بودند. در حال حاضر فقط شرکت‌های شفارود، سبز لاتون باباعلی آستارا و آریابیشهٔ سبز شمال فعال بوده و مجری طرح کاشت و زراعت چوب هستند.

در این مقاله کارایی شرکت‌های بهره‌برداری چوب در استان گیلان با حضور خروجی‌های نامطلوب، ارزیابی و محاسبه شده است. برای این منظور از روش غیرپارامتری DEA برای مدل‌بندی خروجی‌های نامطلوب و کنترل‌ناپذیر استفاده شده است. برای

مدل‌سازی خروجی‌های کنترل‌ناپذیر از رویکرد Banker et al. (1994) استفاده شد. همچنین با توجه به اینکه در مطالعهٔ کاربردی این تحقیق خروجی نامطلوب انتشار آلاینده ها در نظر گرفته شد، برای مدل‌بندی خروجی‌های نامطلوب نیز از اصل دسترسی‌پذیری ضعیف (Shephard, 1970) و متعاقب آن از فناوری بهبودیافته (Kuosmanen, 2005) استفاده شده است. در بیشتر کاربردهای کارایی‌سنجی حالت‌هایی وجود دارد که در آن واحدهای تصمیم‌گیرنده ورودی‌هایی را مصرف و خروجی‌هایی را تولید می‌کنند. خروجی‌ها به دو دستهٔ مطلوب و نامطلوب تقسیم می‌شوند. خروجی‌های نامطلوب باید کاهش داده شوند. رویکردهای متفاوتی برای کاهش خروجی‌های نامطلوب معرفی شده است، از جمله رویکرد استفاده از اصل دسترسی‌پذیری ضعیف، رویکرد استفاده از اصل دسترسی‌پذیری قوی و غیره. در اصل دسترسی پذیری ضعیف شفارد[1]، اساس کار این است که برای کاهش خروجی‌های نامطلوب باید به‌طور متناسب خروجی‌های مطلوب هم کاهش داده شوند. Kuosmanen (2005) این اصل را توسعه داد.

شیوهٔ اجرای پژوهش

DEA نوعی روش برپایهٔ برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیرنده با چند ورودی و چند خروجی است. در مدل‌های استاندارد DEA (شعاعی و غیرشعاعی) با کاهش ورودی و افزایش خروجی واحد تصمیم‌گیرندهٔ تحت ارزیابی روی مرز کارا تصویر می شود. مرز کارایی در تحلیل پوششی داده ها همان تابع تولید است که براساس واحدهای مشاهده شده تخمین زده می‌شود و همهٔ واحدهای مشاهده‌شده بالا یا پایین این مرز قرار دارند. واحدهایی که روی مرز قرار دارند، واحدهای کارا نامیده می‌شوند. اگر در یک فناوری تولید ورودی یا خروجی نامطلوب وجود داشته باشد، باید میزان این ورودی‌ها با خروجی‌ها به‌ترتیب افزایش و کاهش یابد (Kuosmanen, 2005). از این‌رو نتایج حاصل از مدل های استاندارد DEA اندازهٔ کارایی یک واحد تصمیم‌گیرنده را به‌درستی منعکس نمی کنند. با در نظر گرفتن متون موجود در این زمینه، از روش های گوناگون شرکت دادن خروجی‌های نامطلوب در مدل DEAمی‌توان استفاده کرد. هدف از ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده تعیین اندازهٔ کارایی نسبی و برنامه‌ریزی برای بهبود کارایی و همچنین رتبه‌بندی واحدها برپایهٔ آن است.

مدل ناپارامتریک ریاضی برای سنجش کارایی با استفاده از مدل Kuosmanen (2005) در رابطه‌های ۱ تا ۶ تعریف می‌شود:

$$\text{Max} \quad \theta$$

S.t. $\sum_{j=1}^{n} x_{ij}(\lambda_j + \beta_j) \le x_{io} \quad i = 1,....,m$ رابطهٔ ۱

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j \ge \theta y_{ro} \qquad r = 1,....,s$$ رابطهٔ ۲

$$\sum_{j=1}^{n} z_s(\lambda_j + \beta_j) \le z_{so}$$ رابطهٔ ۳

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j w_{tj} = w_{to} \qquad t = 1,....,t$$ رابطهٔ ۴

$$\sum_{j=1}^{n} (\lambda_j + \beta_j) = 1 \qquad j = 1,...,n$$ رابطهٔ ۵

$\lambda_j \ge 0$ و $\beta_j \ge 0$ for all j, θ is free رابطهٔ ۶

که در آن بردارهای $x_i(i = 1 \ldots . m)$ و $y_r(r = 1 \ldots . s)$ به‌ترتیب ورودی و خروجی مطلوب، z_s ورودی نامطلوب، $w_t(t = 1 \ldots . t)$ خروجی نامطلوب به‌عنوان پارامترهای مسئله و λ_j، β_j و θ متغیرهای مدل هستند. رابطهٔ ۱ مربوط به ورودی‌ها، رابطهٔ ۲ مربوط به خروجی‌ها، رابطهٔ ۳ مربوط به ورودی های اختیاری، رابطهٔ ۴ مربوط به خروجی‌های نامطلوب و رابطهٔ ۵ مربوط به تحدب است. به‌دلیل استفاده از اصل دسترسی‌پذیری (Shephard, 1970) رابطهٔ ۴ به‌صورت تساوی ظاهر شده است. در این مدل با استفاده از اصل

1. Shephard

دسترسی‌پذیری (Shephard, 1970) خروجی‌های مطلوب و نامطلوب مدل‌سازی شدند. این مدل خروجی‌محور در نظر گرفته شده است، زیرا در مثال کاربردی در این تحقیق هدف افزایش خروجی‌ها و کنترل مدیریت بر افزایش خروجی‌های بیشتر است. در فرایند فعالیت و تولید ممکن است افزون‌بر تولید خروجی‌های مطلوب لازم، خروجی‌های نامطلوبی مانند ذرات معلق در هوا، ضایعات و آلودگی و غیره نیز تولید شود. خروجی‌هایی از این‌دست با عنوان عوامل محیطی، تأثیر مهمی در برآورد کارایی این واحدها دارد. در ارزیابی چنین واحدهایی، هدف استفاده از روشی است که افزون‌بر سازگاری با مفاهیم تئوری تولید، قادر به کاهش خروجی های نامطلوب و افزایش خروجی‌های مطلوب باشد که در اینجا انتشار دی‌اکسید کربن خروجی نامطلوب در نظر گرفته شده است (Kazemi Matin, 2011).

با توجه به اینکه در قاعدهٔ سرانگشتی تعداد n (تعداد واحدهای تصمیم‌گیری یا DMUها[1]) باید بزرگ‌تر یا مساوی مقدار Max MS + 3 (M+S) (که در آن M تعداد ورودی‌ها و S تعداد خروجی‌ها) باشد، اگر قرار باشد این رابطه نقض شود، باید تعداد DMU-ها زیاد یا تعداد ورودی یا خروجی‌ها کم شود. روش‌های مختلفی وجود دارد که اگر قاعدهٔ سرانگشتی نقض شود، برای افزایش تعداد DMU ها یا کاهش ورودی‌ها و خروجی‌ها استفاده شود (Amirteimoori et al., 2014). با توجه به اینکه تعداد شاخص ها در این پژوهش کاربردی در مقایسه با تعداد DMUها زیاد بود، مجبور به حذف برخی از شاخص‌ها یا ترکیب شاخص‌ها در قالب روشی منطقی هستیم. از این‌رو در این مقاله به دو روش تعداد ورودی‌ها کاهش یافت و سپس نتایج این دو روش با هم مقایسه شد. در ابتدا از روش کاهش متغیر[2] (Amirteimoori et al., 2014) برای کاهش شاخص‌ها استفاده شد و در مرحلهٔ بعد به کمک روش مجموع توزین‌شده، تعداد ورودی‌ها کاهش یافت و اندازهٔ کارایی و رتبهٔ واحدها مشخص شد. در روش‌های کارایی‌سنجی غیرپارامتریک از جمله تحلیل پوششی داده ها وقتی یک مجموعه از واحدهای تصمیم گیرنده ارزیابی می‌شوند، اغلب بیش از یک واحد تصمیم گیرندهٔ کارا ظاهر می‌شوند و زمانی احتمال وقوع آن بیشتر می‌شود که مجموع تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها در مقایسه با تعداد DMU ها عدد بزرگی باشد. از این‌رو واحدهای زیادی اندازهٔ کارایی ۱ پیدا می‌کنند و به‌طور طبیعی این پرسش پیش می‌آید که از بین این واحدها، کاراترین واحد کدام است و به همین دلیل بحث رتبه‌بندی مطرح می شود. روش های متفاوتی برای رتبه‌بندی وجود دارد که یکی از آنها سوپرکارایی (SUPER-SBM[3]) است. نتایج رتبه‌بندی ممکن است در بسیاری از موارد نامعتبر باشد، به‌ویژه زمانی که کارایی یک واحد خاص نزدیک به واحد دیگر است.

در این مقاله به‌منظور رتبه‌بندی از مدل سوپرکارایی AP[4] استفاده شد. Anderson & Peterson (1993) مدل سوپرکارایی AP را برای رتبه‌بندی واحدها معرفی کردند. آنها برای تعیین رتبهٔ واحد تصمیم‌گیرندهٔ (O) آن را از مجموعهٔ امکان تولید حذف کردند و مدل را برای باقی‌ماندهٔ DMUها اجرا کردند. مدل پیشنهادی آنها برای رتبهٔ DMU_0 در رابطه‌های ۷ تا ۱۰ آورده شده است:

$$\text{Max} \quad z = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}$$

$$s.t. \quad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1 \qquad \text{رابطهٔ ۷}$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \quad j = 1,\ldots,n \quad j \ne o \qquad \text{رابطهٔ ۸}$$

$$u_r \ge \varepsilon \qquad r = 1,\ldots,s \qquad \text{رابطهٔ ۹}$$

$$v_i \ge \varepsilon \qquad i = 1,\ldots,m \qquad \text{رابطهٔ ۱۰}$$

1. Decision Making Unit
2. Variable Reduction
3. Slacks-Based measure of efficiency
4. Anderson & Peterson

در این مقاله داده‌های هزینه و درآمد مربوط به ده سال (سال‌های ۹۵-۱۳۸۶) شرکت‌های فعال بهره‌برداری جنگل (دوازده شرکت) با استفاده از شاخص قیمت‌ها و براساس سال پایهٔ ۱۳۹۵ تعدیل پولی یا حذف تورم شده‌اند.

نتایج

در این پژوهش دوازده شرکت فعال پیش از شروع طرح توقف بهره‌برداری از جنگل‌ها در بخش بهره‌برداری چوب در استان گیلان بررسی و ارزیابی کارایی شدند. این شرکت‌ها مهم‌ترین شرکت‌های فعال تا سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ در بخش بهره‌برداری جنگل در استان گیلان بوده و شامل شرکت‌های زیرند:

۱. شرکت تعاونی جنگل آستارا چای؛
۲. شرکت تعاونی جنگل نارون؛
۳. شرکت راشستان؛
۴. شرکت تحقیقات و توسعهٔ باران‌گستر؛
۵. شرکت پویا سپیدار گیلان؛
۶. شرکت تعاونی جنگل ملک‌رود؛
۷. شرکت روکش چوبی ایران؛
۸. شرکت تعاونی جنگل لیل؛
۹. شرکت تعاونی جنگل نرماش؛
۱۰. شرکت مهندسی احیای جنگل آستانه؛
۱۱. شرکت کشت و صنعت رویان چوب نوشهر؛
۱۲. شرکت شفارود.

جدول ۱ ورودی‌ها و خروجی‌های این دوازده شرکت مربوط به سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. با توجه به زیاد بودن حجم داده‌ها، داده‌های اولیه ارائه نشده و میانگین داده‌ها در جدول ۱ آورده شده است. شاخص هایی که در این ارزیابی در نظر گرفته شده‌اند شامل ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب و خروجی های نامطلوب‌اند که در ادامه به تعریف عملیاتی هر یک از این متغیرهای ورودی و خروجی پرداخته می‌شود. ورودی‌ها عبارت‌اند از هزینهٔ تولید، هزینهٔ نگهداری جاده (پر کردن چاله‌ها، ترمیم شیارها، اصلاح بیرون‌زدگی، ترمیم جاده، روسازی ۵ و ۱۰ سانتی متری)، هزینهٔ حمل چوب و مساحت جنگل. شرکت‌ها برای افزایش سود باید بدون کاهش درآمد، هزینه‌های خود را کاهش دهند. از این‌رو انواع هزینه‌ها ورودی در نظر گرفته می‌شود.

خروجی‌های مطلوب عبارت‌اند از حجم کل برداشت، جمع کل درآمد و خروجی نامطلوب انتشار دی‌اکسید کربن است.

Dias et al. (2007) با توجه به استفاده از اره موتوری در قطع درختان اکالیپتوس پرتغال به برآورد مقدار دی‌اکسید کربن پرداختند. با توجه به مشابهت بهره‌برداری از درختان اکالیپتوس در پرتغال و جنگل‌های شمال کشور، در این مقاله نیز از نتایج تحقیقات آنها برای برآورد مقدار دی‌اکسید کربن استفاده شده است.

بر خی از ورودی ها به اختیار مدیر یا کارکنان تغییرپذیرند که آنها را ورودی اختیاری می‌نامند. ورودی‌هایی که در اختیار مدیر یا کاربران نیستند، اما ممکن است ناچار به اندازه‌گیری آنها باشیم ورودی های غیراختیاری نام دارند. در این تحقیق مساحت جنگل، ورودی غیراختیاری و بقیه ورودی ها اختیاری در نظر گرفته شدند. این داده‌ها به‌صورت حضوری و با بررسی داده‌های ثبت‌شده از دفترهای حسابداری شرکت‌ها جمع‌آوری شد.

نزدیک بودن تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده و تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها سبب می‌شود که واحدهای بیشتری کارا تشخیص داده شوند. از این‌رو بهتر است تعداد ورودی‌ها یا خروجی‌ها کاهش داده شوند (Amirteimoori et al., 2014). اگر برخی شاخص‌ها همبستگی قوی داشته باشند (بیش از ۰/۹۵) بهتر است از تکرار آنها خودداری و یکی از آنها حذف شود. خوش‌بینانه‌ترین حالت آن است که ضریب همبستگی ۱ شود، در این حالت ستون ها دقیقاً مثل هم هستند، پس می‌توان حذفشان کرد. جدول ۲

ضریب همبستگی بین ورودی‌های اختیاری جدول ۱ را نشان می‌دهد.

همان طور که ملاحظه می شود، ضریب همبستگی ورودی‌های یک و سه بیش از ۰/۹۵ است (بنابراین می‌توان یکی را حذف کرد، ولی با توجه به کوچک بودن این مقدار ترجیحاً از روش کاهش متغیر استفاده می‌شود)، ولی در بقیهٔ حالت‌ها، هیچ‌کدام از ضرایب همبستگی بیشتر از ۰/۹۵ نیستند و نمی‌توان آنها را حذف کرد. ازآنجا که تعداد شاخص ها زیاد است اصطلاحاً ورودی‌ها را ترکیب می‌کنیم. برای این منظور ورودی‌های دارای بیشترین ضریب همبستگی را ترکیب می‌کنیم. در جدول ۳ ورودی‌های p_2 و p_4 و همچنین p_4 و p_3 با روش کاهش متغیر Amirteimoori et al. (2014) با هم ترکیب می‌شوند. آنها را به یک ورودی تبدیل می‌کنیم و در نهایت شاخص‌ها تعدیل می‌شوند تا به رابطهٔ مدنظر برسند (تعداد n (تعداد DMUها) باید بزرگ‌تر یا مساوی مقدار (Max (M+S MS + 3) باشد که پیشتر در مورد این رابطه توضیح داده شده است). جدول ۳ نتایج اجرای این روش را نشان می‌دهد.

ضریب همبستگی نهایی بین ورودی‌ها پس از استفاده روش کاهش متغیرها در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۱- مقادیر کمّی ورودی‌ها و خروجی‌های دوازده شرکت

شرکت‌ها	ورودی					خروجی		
	غیر اختیاری	اختیاری				نامطلوب	مطلوب	
	Z	P_4	P_3	P_2	P_1	w	Y_2	Y_1
	مساحت کل (هکتار)	متوسط هزینهٔ حمل چوب از داخل جنگل تا دپو (میلیون ریال/مترمکعب)	متوسط هزینهٔ نگهداری جاده در سال (میلیون ریال/ کیلومتر)	متوسط هزینهٔ احداث یک کیلومتر جاده (میلیون ریال)	هزینهٔ تولید (قطع درخت، شاخه‌زنی، تبدیل) (میلیون ریال/ مترمکعب)	انتشار دی‌اکسید کربن (کیلوگرم)	حجم سالیانهٔ برداشت چوب از جنگل (مترمکعب)	جمع کل درآمد (میلیون ریال/ سال)
۱	۸۸۸۱۱	۰/۸۰	۱۰۰	۴۵۰۰	۰/۶۰	۲۲۲۳۸/۴	۴۸۰۰	۶۰۰۰
۲	۱۲۲۶۶	۰/۸۵	۹۰	۴۰۰۰	۰/۶۲	۱۸۵۳۲	۴۰۰۰	۴۸۰۰۰
۳	۱۹۱۶۵	۱/۰۵	۱۵۰	۵۰۰۰	۰/۸۲	۷۴۱۲/۸	۱۶۰۰	۳۰۰۰
۴	۱۲۹۵۹	۰/۶۹	۸۰	۴۰۰۰	۰/۶۵	۱۴۸۲۵/۶	۳۲۰۰	۳۰۰۰
۵	۲۵۸۹۳	۰/۶۸	۸۰	۳۸۰۰	۰/۶۰	۲۰۳۸۵/۲	۴۴۰۰	۴۸۰۰
۶	۱۸۸۰۸	۰/۹۰	۱۰۰	۴۲۰۰	۰/۷۵	۲۷۷۹۸	۶۰۰۰	۹۶۰۰
۷	۲۶۶۰۹	۰/۷۰	۸۰	۴۰۰۰	۰/۶۱	۲۴۰۹۱/۶	۵۲۰۰	۷۲۰۰
۸	۲۱۸۲۴۲	۰/۸۵	۱۲۰	۴۵۰۰	۰/۷۸	۳۷۰۶۴	۸۰۰۰	۴۲۰۰
۹	۱۶۴۹۲	۰/۹۰	۱۲۰	۴۵۰۰	۰/۸۰	۳۳۳۵۷/۶	۷۲۰۰	۵۴۰۰
۱۰	۱۷۲۳۳	۰/۷۰	۹۰	۳۸۰۰	۰/۵۵	۱۱۱۱۹/۲	۲۴۰۰	۲۴۰۰
۱۱	۱۴۳۰۱	۰/۷۵	۹۰	۴۰۰۰	۰/۶۲	۱۵۷۵۲/۲	۳۴۰۰	۴۸۰۰
۱۲	۱۹۱۶۱۹	۱/۰۰	۱۵۰	۵۰۰۰	۰/۸۲	۱۸۵۳۲۰	۴۰۰۰۰	۶۰۰۰۰

جدول ۲- ضریب همبستگی بین متغیرهای ورودی

$P(p_3, p_4)$	$P(p_2, p_4)$	$P(p_1, p_3)$	$P(p_1, p_4)$	$P(p_1, p_3)$	$P(p_1, p_2)$
۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۸۳

جدول ۳- داده‌های حاصل از ترکیب ورودی‌ها

شرکت‌ها	ورودی				خروجی	
	غیر اختیاری	اختیاری			نامطلوب	مطلوب
	Z	$P_j^{(p_2, p_3, p_4)}$	P_1	w	Y_2	Y_1
۱	۸۸۸۱۱	۰/۰۰۰۴۶	۰/۰۶	۲۲۲۳۸/۴	۴۸۰۰	۶۰۰۰
۲	۱۲۲۶۶	۰/۰۰۰۴۰۹	۰/۶۲	۱۸۵۳۲	۴۰۰۰	۴۸۰۰۰
۳	۱۹۱۶۵	۰/۰۰۰۵۱۵۱	۰/۸۲	۷۴۱۲/۸	۱۶۰۰	۳۰۰۰
۴	۱۲۹۵۹	۰/۰۰۰۴۰۸	۰/۶۵	۱۴۸۲۵/۶	۳۲۰۰	۳۰۰۰
۵	۲۵۸۹۳	۰/۰۰۰۳۸۸	۰/۶۰	۲۰۳۸۵/۲	۴۴۰۰	۴۸۰۰
۶	۱۸۸۰۸	۰/۰۰۰۴۳	۰/۷۵	۲۷۷۹۸	۶۰۰۰	۹۶۰۰۰
۷	۲۶۶۰۹	۰/۰۰۰۴۰۸	۰/۶۱	۲۴۰۹۱/۶	۵۲۰۰	۷۲۰۰
۸	۲۱۸۲۴۲	۰/۰۰۰۴۶۲	۰/۷۸	۳۷۰۶۴	۸۰۰۰	۴۲۰۰۰
۹	۱۶۴۹۲	۰/۰۰۰۴۶۲	۰/۸۰	۳۳۳۵۷/۶	۷۲۰۰	۵۴۰۰
۱۰	۱۷۲۳۳	۰/۰۰۰۳۸۹	۰/۵۵	۱۱۱۱۹/۲	۲۴۰۰	۲۴۰۰
۱۱	۱۴۳۰۱	۰/۰۰۰۴۸۹	۰/۶۲	۱۵۷۵۲/۲	۳۴۰۰	۴۸۰۰
۱۲	۱۹۱۶۱۹	۰/۰۰۰۵۱۵۱	۰/۸۲	۱۸۵۳۲۰	۴۰۰۰۰	۶۰۰۰۰

جدول ۴ - ضریب همبستگی نهایی بین ورودی‌ها

$P(p_1, p_{j(2,3,4)})$	۰/۸۳

در نهایت ورودی‌ها و خروجی‌های نهایی در جدول ۵ آورده شده‌اند که در آن یک ورودی اختیاری و یک ورودی غیراختیاری و دو خروجی مطلوب و یک خروجی نامطلوب تعریف شده است. با توجه به اینکه از مدل با ماهیت خروجی استفاده شده است (زیرا خروجی نامطلوب مدنظر بوده است)، شرکت هایی که اندازهٔ کارایی بیشتر از ۱ دارند، ناکارا هستند و هر اندازه این عدد بزرگ‌تر باشد در مقایسه با شرکت‌های دیگر ناکاراترند. شرکت ۱۰ (شرکت مهندسی احیای جنگل آستانه) اندازهٔ کارایی ۱ دارد، یعنی کاراست و در نتیجه در رتبهٔ ۱ قرار می‌گیرد.

در جدول ۵ ورودی‌ها و خروجی‌های دوازده شرکت به‌همراه اندازهٔ کارایی هر شرکت (در ستون آخر) آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با استفاده از روش کاهش متغیر، تعداد ورودی‌ها از پنج به دو کاهش یافته است.

جدول ۵- اندازهٔ کارایی و داده‌های نهایی

شرکت‌ها	ورودی		خروجی			اندازهٔ کارایی
	غیراختیاری	اختیاری	نامطلوب	مطلوب		
	Z	$P_j^{(p_1, p_2, p_3, p_4)}$	w	y_2	y_1	
۱	۸۸۸۱۱	۰/۰۰۰۰۰۱۰۹	۲۲۲۳۸۴۰۰	۴۸۰۰	۶۰۰۰	۲/۴۹
۲	۱۲۲۶۶	۰/۰۰۰۰۰۱۰۵	۱۸۵۳۲۰۰۰	۴۰۰۰	۴۸۰۰۰	۲/۳۷
۳	۱۹۱۶۵	۰/۰۰۰۰۰۱۳۲	۷۴۱۲۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۱
۴	۱۲۹۵۹	۰/۰۰۰۰۰۱۰۵	۱۴۸۲۵۶۰۰	۳۲۰۰	۳۰۰۰	۳/۳۹
۵	۲۵۸۹۳	۰/۰۰۰۰۰۱	۲۰۳۸۵۲۰۰	۴۴۰۰	۴۸۰۰	۳/۸۸
۶	۱۸۸۰۸	۰/۰۰۰۰۰۱۱۰	۲۷۷۹۸۰۰۰	۶۰۰۰	۹۶۰۰	۱
۷	۲۶۶۰۹	۰/۰۰۰۰۰۱۰۵	۲۴۰۹۱۶۰۰	۵۲۰۰	۷۲۰۰	۱/۰۳
۸	۲۱۸۲۴۲	۰/۰۰۰۰۰۱۱۹	۳۷۰۶۴۰۰۰	۸۰۰۰	۴۲۰۰	۱
۹	۱۶۴۹۲	۰/۰۰۰۰۰۱۱۹	۳۳۳۵۷۶۰۰	۷۲۰۰	۵۴۰۰	۱/۲۲
۱۰	۱۷۲۳۳	۰/۰۰۰۰۰۱	۱۱۱۱۹۲۰۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰	۵/۹۵
۱۱	۱۴۳۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱۰۵	۱۵۷۵۲۲۰۰	۳۴۰۰	۴۸۰۰	۱
۱۲	۱۹۱۶۱۹	۰/۰۰۰۰۰۱۳۲	۱۸۵۳۲۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۱

جدول ۶- نتیجهٔ رتبه‌بندی نهایی

شرکت‌ها	اندازهٔ سوپرکارایی	رتبه‌بندی
۱	۰/۹۴	۴
۲	۱/۱۲	۹
۳	۰/۷۶	۱
۴	۰/۹۶	۵
۵	۱/۰۱	۷
۶	۱/۵۴	۱۱
۷	۱/۰۱	۶
۸	۰/۸۸	۳
۹	۰/۸۷	۲
۱۰	۱/۰۱	۸
۱۱	۱/۳۱	۱۰
۱۲	۴/۴۲	۱۲

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، شرکت‌های ۳، ۶، ۸، ۱۱ و ۱۲ اندازهٔ کارایی یکسان و برابر ۱ دارند. در تحلیل پوششی داده‌ها در این شرایط از مدل‌هایی برای رتبه‌بندی استفاده می‌شود که در این مقاله روش سوپرکارایی AP به‌کار رفته است.

براساس نتایج جدول ۶، شرکت‌های ۳، ۶، ۸، ۱۱ و ۱۲ که در جدول ۵ رتبهٔ ۱ داشتند به‌ترتیب در رتبه‌های ۱، ۳، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ قرار می‌گیرند. ازآنجا که انتشار دی‌اکسید کربن خروجی نامطلوب در نظر گرفته شده، با اینکه شرکت ۷ از نظر کارایی رتبهٔ ۶ را دارد، از نظر آلایندگی (انتشار دی‌اکسید کربن) در رتبهٔ ۱ قرار دارد. به همین ترتیب شرکت ۶ از نظر آلایندگی رتبهٔ ۴ را دارد، درحالی که از نظر کارایی در رتبهٔ ۱۱ قرار گرفته است.

با توجه به بزرگ بودن ضریب همبستگی ورودی‌ها (جدول ۲) و کم بودن تعداد شرکت‌ها در مقایسه با تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها، بهتر است تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها کاهش داده شود. در ادامه برای این منظور از روش مجموع توزین‌شده استفاده می‌شود. در این روش با توجه به اهمیت ورودی‌ها به آنها وزن اختصاص داده می‌شود. بر این اساس به هزینهٔ تولید (p_1) وزن ۰/۳، به مجموع هزینهٔ نگهداری جاده و احداث جاده (p_2 و p_3) وزن ۰/۴ و به هزینهٔ حمل چوب (p_4) وزن ۰/۳ اختصاص داده شد که سپس در رابطهٔ ۱۱ جایگذاری می‌شوند.

رابطهٔ ۱۱ $0/3p1+0/4(p2+p3)+0/3p4$

در نهایت شاخص‌ها تعدیل می‌شوند تا به رابطهٔ مدنظر برسند که تعداد DMUها باید بزرگ‌تر یا مساوی مقدار Max MS + 3 (M+S) باشد.

در جدول ۷ ورودی‌ها و خروجی‌های دوازده شرکت به‌همراه اندازهٔ کارایی هر شرکت (در ستون آخر) آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با استفاده از روش مجموع توزین‌شده، تعداد ورودی‌ها از پنج به دو کاهش یافته است.

برای رتبه‌بندی شرکت‌ها براساس اندازهٔ کارایی، همان‌طور که ملاحظه می‌شود شرکت‌های ۱، ۳، ۶، ۸، ۱۱ و ۱۲ کارایی یکسانی دارند. در تحلیل پوششی داده‌ها در این شرایط از مدل‌هایی برای رتبه‌بندی استفاده می‌شود که در این مقاله از مدل سوپرکارایی AP بهره گرفته شده است.

جدول ۷- اندازهٔ کارایی و داده‌های نهایی

شرکت‌ها	ورودی		خروجی			اندازهٔ کارایی
	غیر اختیاری Z	اختیاری $P_j^{(p_1, p_2, p_3, p_4)}$	نامطلوب	مطلوب		
			w	y_2	y_1	
۱	۸۸۸۱۱	۱۸۴۰/۴۲	۲۲۲۳۸/۴	۴۸۰۰	۶۰۰۰	۱
۲	۱۲۲۶۶	۱۶۳۶/۴۴۱	۱۸۵۳۲	۴۰۰۰	۴۸۰۰۰	۱/۰۳
۳	۱۹۱۶۵	۲۰۶۰/۵۶۱	۷۴۱۲/۸	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۱
۴	۱۲۹۵۹	۱۶۳۲/۴۰۲	۱۴۸۲۵/۶	۳۲۰۰	۳۰۰۰	۳/۰۸
۵	۲۵۸۹۳	۱۵۵۲/۳۸۴	۲۰۳۸۵/۲	۴۴۰۰	۴۸۰۰	۳/۳۹
۶	۱۸۸۰۸	۱۷۲۰/۴۹۵	۲۷۷۹۸	۶۰۰۰	۹۶۰۰	۱
۷	۲۶۶۰۹	۱۶۳۲/۳۹۳	۲۴۰۹۱/۶	۵۲۰۰	۷۲۰۰	۱/۰۲
۸	۲۱۸۲۴۲	۱۸۴۸/۴۸۹	۳۷۰۶۴	۸۰۰۰	۴۲۰۰	۱
۹	۱۶۴۹۲	۱۸۲۸/۵۱	۳۳۳۵۷/۶	۷۲۰۰	۵۴۰۰	۱/۱۹
۱۰	۱۷۲۳۳	۱۵۵۶/۳۷۵	۱۱۱۱۹/۲	۲۴۰۰	۲۴۰۰	۵/۴۶
۱۱	۱۴۳۰۱	۱۶۳۶/۴۱۱	۱۵۷۵۲/۲	۳۴۰۰	۴۸۰۰	۱
۱۲	۱۹۱۶۱۹	۲۰۶۰/۵۴۶	۱۸۵۳۲۰	۴۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۱

جدول ۸- نتیجهٔ رتبه‌بندی نهایی

شرکت‌ها	اندازهٔ سوپرکارایی	رتبه‌بندی
۱	۰/۸۷	۲
۲	۱/۲۲	۹
۳	۰/۷۶	۱
۴	۰/۹۶	۵
۵	۱/۰۱	۸
۶	۱/۵۴	۱۱
۷	۱/۰۱	۶
۸	۰/۸۸	۴
۹	۰/۸۷	۳
۱۰	۱/۰۱	۷
۱۱	۱/۳۱	۱۰
۱۲	۴/۴۲	۱۲

در مقایسهٔ جدول های ۵ و ۷ مشاهده می شود که در هر دو جدول شرکت‌های ۳، ۶، ۸، ۱۱ و ۱۲ کارایی یکسان و برابر ۱ دارند و در جدول ۷ شرکت ۱ نیز به این مجموعه اضافه می شود. رتبهٔ کارایی شرکت‌های ۳، ۶، ۱۱ و ۱۲ در هر دو جدولِ ۶ و ۸ یکسان است، ولی رتبهٔ شرکت ۸ تغییر کرده و شرکت ۱ نیز در رتبهٔ ۲ قرار گرفته است.

بحث

DEA نوعی روش برنامه ریزی ریاضی است که به‌منظور ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری، با فعالیت های مشابه با چندین ورودی و خروجی استفاده می‌شود. Sporcic et al. (2009) به این نتیجه رسیدند که از DEA می‌توان به‌منزلهٔ نوعی ابزار تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ قدرتمند و باارزش در مدیریت جنگل بهره گرفت. آنها با استفاده از مدل های استاندارد DEA (BCC[1] و CCR[2]) به تعیین اندازهٔ کارایی پرداختند و مسئلهٔ خروجی نامطلوب را در نظر نگرفتند. در این مقاله برای نخستین بار در کشور، کارایی شرکت های بهره برداری از جنگل با استفاده از روش کاهش متغیر و

1. Banker, Charnes, Cooper
2. Charnes, Cooper, Rhodes

مدل رتبه بندی سوپرکارایی و در نظر گرفتن آلایندگی به عنوان خروجی نامطلوب، ارزیابی شد. به عبارت دیگر با در نظر گرفتن مقدار آلایندگی به عنوان خروجی نامطلوب به تعیین اندازهٔ کارایی شرکت‌های بهره‌برداری صنعت چوب جنگل در استان گیلان پرداخته و به این منظور از مدل‌های DEA استفاده شد. در ارزیابی چنین واحدهایی، هدف استفاده از روشی است که افزون‌بر سازگاری با مفاهیم نظری تولید، با کمک آن خروجی‌های نامطلوب کاهش و خروجی‌های مطلوب افزایش یابند. در اینجا برای مدل‌سازی خروجی‌های کنترل‌ناپذیر از رویکرد Banker et al. (1994) استفاده شد. همچنین با توجه به اینکه در این تحقیق خروجی نامطلوب انتشار آلاینده‌ها در نظر گرفته شد، برای مدل بندی خروجی‌های نامطلوب نیز از اصل دسترسی‌پذیری ضعیف (Shephard, 1970) و متعاقب آن از فناوری بهبودیافته (Kuosmanen, 2005) استفاده شد است. این پژوهش با موضوع تحقیق محمدی لیمائی در سال ۲۰۲۰ همسوست. او برای نخستین بار به تعیین اندازهٔ کارایی برخی از طرح های جنگلداری در جنگل‌های استان گیلان با در نظر گرفتن انتشار CO_2 در حین عملیات قطع چوب به‌عنوان خروجی نامطلوب پرداخت (Mohammadi Limaei, 2020). با این تفاوت که در آن سه سناریو تعریف و نتایج آنها باهم مقایسه شد. در سناریوی اول از مدل CCR در ماهیت ورودی بدون در نظر گرفتن خروجی نامطلوب (انتشار CO_2) برای تعیین اندازهٔ کارایی استفاده شد. در سناریوی دوم برای تعیین اندازهٔ کارایی از مدل CCR در ماهیت ورودی و با در نظر گرفتن خروجی نامطلوب به‌عنوان ورودی استفاده شد. در سناریوی سوم از یک تبدیل کاهش‌یافتهٔ یکنواخت[1] برای خروجی نامطلوب استفاده شد و سپس متغیر به‌دست‌آمده به‌عنوان یک خروجی در مدل CCR با ماهیت ورودی به‌کار گرفته شد. Mohammadi Limaei (2020) با ارزیابی واحدهای مدیریت جنگل نشان داد که اندازهٔ کارایی به‌دست‌آمده از سناریوهای مختلف اختلاف معنی‌داری با هم دارند. از این‌رو با توجه به یافته‌های این مقاله، شرکت هایی مانند روکش چوبی ایران و تعاونی جنگل لیل که رتبهٔ کارایی خوب ولی خروجی نامطلوب زیاد دارند، می توانند اندازهٔ کارایی دقیق تری به دست آورند و در نتیجه تصمیمات مناسب‌تری برای بهبود عملکرد اتخاذ کنند.

همچنین در DEA، کم بودن تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده و نزدیک بودن آنها به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها سبب می‌شود تا واحدهای بیشتری کارا تشخیص داده شوند، با اینکه همگی کارا نیستند. با توجه به اینکه تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها در این مقاله در مقایسه با تعداد DMU ها زیاد بود، حذف برخی از ورودی‌ها و خروجی‌ها یا ترکیب آنها در قالب یک روش منطقی ضروری بود. از این‌رو در ابتدا از روش کاهش متغیر (Amirteimoori et al., 2014) و سپس از روش توزیع وزن مشترک برای کاهش شاخص‌ها استفاده شد و به این ترتیب تعداد ورودی‌ها کاهش یافت. اندازه‌گیری میزان کارایی واحدهای تولیدی جنگل با در نظر گرفتن اهداف اقتصادی و محیط زیستی در مدیریت پایدار جنگل‌ها اثر مهمی دارد و نتایج این تحقیق می‌تواند راهنمای خوبی در این زمینه برای مدیران و تصمیم‌گیران باشد.

References[1]

Amirteimoori, A., Despotis Dimitris, K., & Kordrostami, S. (2014). Variable's reduction in data envelopment analysis. Optimization: *A Journal of Mathematical Programming and Operations Research, 63*(5), 735-745.

Anderson, P., & Peterson, N.C. (1993). A procedure for ranking ancient units in data envelopment analysis. Management Science, 39(10), 1261-1264.

1. Monotone Decreasing Transformation

Azizi, J., Torkamani, J. (2002). Optimal forest utilization using Matad mathematical planning: A case study of Guilan province. *Quarterly Journal of Agricultural Economics and Development. 10*(39), 103-124.

Banker, R.D., Cooper W.W., Grifell-Tajté, E., Pastor J.T., Wilson P.W., Ley, E., & Lovell, C.A.K. (1994). Validation and generalization of DEA and its uses, TOP. *An Official Journal of the Spanish Society of Statistics and Operations Research*, *2*(2), 249–314.

Chung, Y., & Fare, R. (1995). Productivity and undesirable outputs: A Directional Distance Function Approach. Microeconomics 9511002, University Library of Munich, Germany.

Dias, C.A., Arroja, L., Capela, I. (2007). Carbon dioxide emissions from forest operations in Portuguese eucalypt and maritime pine stands. *Scandinavian Journal of Forest Research, 22*,422-432.

Cooper, W.W., Seiforad, L.M., & Tone, K. (2006). An Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses. *Springer, New York*.

Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K., & Pasurka, C. (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *The Review of Economics and Statistics, 71*(1), 90–98.

Farrel, M., & Richards, J.G. (1986). Analysis of the reliability and validity of the kinetic communicator exercise device. *Med Science Sports Exercise, 18*, 44–49.

Heydarian, N., Mohammadi Limaei, S., & Amirteimoori, A., (2016). Efficiency evaluation of forest nurseries in north of Iran using Data Envelopment Analysis. *Iranian Journal of Forest, 7*(4), 557-570.

Kao, C., & Yang, Y. (1991). Measuring the efficiency of forest management. *Forest science, 37*(5), 1239-1252.

Kao, C., & Yang, Y. (1992). Reorganization of forest districts via efficiency measurement. *European journal of operation research, 58*(3), 356-362.

Kazemi Matin, R. (2011). Nonparametric methods of modeling undesirable outputs in DEA: approach to using the principle of poor accessibility. *Journal of Operational Research in Its Applications, 3*(30), 53-69.

Kuosmanen, T. (2005). Weak Disposability in Nonparametric Production analysis with Undesirable Outputs. *American Journal of Agricultural Economics, 87*, 1077-1082.

Malaii Boosari, J., Mohammadi Limaei, S., & Zadmirzaei, M. (2014). Determining allocative-economic efficiency of joint-stock company of Shafaroud Forest based on Data Envelopment Analysis (DEA) .*Iranian Journal of Forest, 6*(2), 156-165.

Mehregan, M.R. (2008). Quantitative models for evaluating the organizations' performance –DEA. *Second Edition, University of Tehran Press, 173*p.

Mohammadi Limaei, S. (2013). Efficiency of Iranian forest industry based on DEA models: *Journal of Forestry Research, 24*, 759–765.

Mohammadi Limaei, S. (2020). Efficiency analysis of forest management units considering economics and carbon dynamic: A data envelopment analysis (DEA) approach. *Austrian Journal of forest science, 137*(3), 199-222.

Seiforad, L.M., & Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation . *European Journal of Operational Research, 142*, 16–20.

Sporcic, M., Martinić, I., Landekić, M., & Lovrić, M. (2009). Measuring Efficiency of Organizational Units in Forestry by Nonparametric Model, *Croatian Journal of Forest Engineering. Journal for Theory and Application of Forestry Engineering, 30*(1), 1-13.

Scheel, H. (2001). Undesirable outputs in efficiency valuations. *European journal of operation research, 132*(2), 400-410.

Shephard, R.W. (1970). Theory of cost and production functions. *Princeton University Press, 322*p.

Zadmirzaei, M., & Mohammadi Limaei., S. (2016). Applying the data envelopment analysis fundamental models for determining of relative efficiency of Mazandaran Wood and Paper Industry Company. *Wood & Forest Science and Technology, 23*(2), 1-20.

Zadmirzaei, M., Mohammadi Limaei, S., & Amirteimoori, A. (2018). Deterministic Scenario vs. Stochastic Scenario in Data Envelopment Analysis (DEA): A Case on Iranian Forest Management Units. *International Journal of Science, Engineering and Management (IJSEM), 3*(3), 5-9.

Zadmirzaei, M., Limaei, S.M., & Amirteimoori, A. (2019). Measuring the relative performance of forest management units: a chance-constrained DEA model in the presence of the nondiscretionary factor. *Canadian Journal of Forest Research, 49*(7), 788-801.

Iranian Journal of Forest
Vol. 14, No. 2, Summer 2022
pp. 213-226

Research Article

Measuring the efficiency of forest harvesting companies with undesirable outputs using data envelopment analysis (Case study: Guilan providence)

J. Malaii Boosari [1] , S. Mohammadi Limaei [2]*, A.E. Bonyad [2], and A.R. Amirteimoori [3]

[1] Ph.D. student of Forestry, Faculty of Natural Resource, University of Guilan, I. R. Iran
[2] Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resource, University of Guilan, I. R. Iran
[3] Prof., Dept. of mathematics, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University of Rasht, I. R. Iran

(Received: 28 November 2021; Accepted: 15 February 2021)

Abstract

The purpose of this study was to measure the relative efficiency of forest harvesting processing companies in Guilan province by considering pollution as an undesirable output. For this purpose, data envelopment analysis (DEA) method was used to evaluate the efficiency. In order to conduct this research, data from 12 forest harvesting companies in Guilan province were collected during 10-year period (2007-2016). First, the variable reduction method was used to reduce the indicators and then the units were ranked using the super-efficiency method. The results show that due to the importance of undesirable output, a number of companies have good ranks in terms of efficiency despite their high adverse undesirable output (air pollution) are in a good position in terms of efficiency (Iran Wood Coating Company and Layl Forest Cooperative). Due to the existence of undesirable output (air pollution) in forest exploitation companies, it is possible to improve the performance of companies with high efficiency along with undesirable output by reducing the amount of pollution.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Ranking, Guilan Wood Industries, Input-output.

*Corresponding author Tel: +98(0)134432302 Email: limaei@guilan.ac.ir