نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵
http://jwfst.gau.ac.ir

کاربرد مدل‌های اساسی تحلیل پوششی داده‌ها جهت تعیین کارایی نسبی شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران

[*]مجید زاد میرزائی سلیماندارابی[۱] و سلیمان محمدی لیمائی[۲]

[۱]دانشجوی دکتری رشته علوم جنگل- جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان،
[۲]دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۰۵

چکیده

سابقه و هدف: در این تحقیق با توجه به افزایش میزان مصرف و تقاضای انواع فرآورده‌های کاغذ و مقوا در ایران و نقشی که شرکت چوب و کاغذ مازندران می‌تواند به‌عنوان قطب فعال عرضه کننده محصولات و فرآورده‌های کاغذی داشته باشد، به اندازه‌گیری کارایی نسبی و آشکارسازی عملکرد خطوط تولیدی این شرکت با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شد.

مواد و روش‌ها: برای انجام تحقیق مزبور، داده‌های یک دوره ٦ ساله (۱۳۸٤ تا ۱۳۸۹) و برای ٦ واحد تولیدی از ترازنامه مالی شرکت مذکور جمع‌آوری گردیدند. با توجه به اهمیت شرکت مذکور برای ارزیابی عملکرد و ارائه واحدهای الگو از مدل‌های ثانویه ورودی محور تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که این شرکت در برخی از خطوط تولیدی (کاغذ روزنامه، کرافت لاینر سفید و فلوتینگ خط ۱) مورد مطالعه دارای کارایی خوبی (۱۰۰ درصد کارا یا امتیاز ۱) بوده است. اما با توجه به الگوی ورودی محور مدل‌ها و کارایی مقیاس (SE) سایر خطوط تولیدی ناکارا اعلام گردیدند.

[*]مسئول مکاتبه: majid.zadmirzai@gmail.com

نتیجه‌گیری: بنابراین شرکت باید میزان مصرف منابع و ورودی‌های مالی خود را با راهکارهای صحیح مدیریتی تا حد امکان (همانند واحدهای الگو کارا) کاهش دهد تا سبب افزایش کارایی همه واحدها در مقیاس بهینه و در نتیجه سودآوری کل شرکت شود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی فنی خالص (CCR)، کارایی فنی (BCC)، کارایی مقیاس (SE)، شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران

مقدمه

شاخص مصرف سرانه انواع کاغذ و مقوا در سطح بین‌المللی یکی از شاخص‌های مؤثر در بررسی کشورها از نظر معیارهای توسعه یافتگی در ابعاد گوناگون به‌ویژه اقتصادی و فرهنگی می‌باشد (۲۸). اما کشور ایران با توجه به کمبود منابع جنگلی و هم‌چنین طرح‌های صیانت از جنگل‌ها با مشکل جدی تامین مواد اولیه چوبی جهت تولید فرآورده‌های مختلف لیگنوسلولزی مواجه می‌باشد (۸)، همچنین با توجه به این‌که مصرف سرانه کاغذ و مقوا در کشور حدود ۱۶-۱۵ کیلوگرم در سال می‌باشد (۲۶)، با در نظر گرفتن روند فزآینده افزایش جمیعت طی سال‌های آینده و افزایش ذاتی میزان مصرف سرانه فرآورده‌های کاغذی (بدون در نظر گرفتن رشد جمیعت) می‌توان انتظار داشت که میزان مصرف و تقاضای انواع فرآورده‌های کاغذ و مقوا با سیر صعودی در سال‌های بعد افزایش یابد. برای فائق آمدن بر این وضع نامساعد و تأمین نیازهای جامعه در ایران شرکت‌های کاغذ و فرآورده‌های کاغذی تولید می‌کنند که مهم‌ترین و بزرگترین آن‌ها شرکت چوب و کاغذ مازندارن است، که تنها در سال ۱۳۸۹ توانسته ۲۶۳، ۱۸۰ تن از انواع کاغذ را تولید کند (۲۵). بنابراین نقش این شرکت به‌عنوان یکی از قطب‌های فعال و قدرتمند در عرضه محصولات و فرآورده‌های کاغذی در ایران غیر قابل انکار است، بنابراین به‌دلیل اهمیت این شرکت در تحقیق حاضر به ارزیابی و کنترل عملکرد واحدهای تولیدی این شرکت توسط اندازه‌گیری کارایی آن پرداخته شده است، زیرا با توجه به سیر صعودی تقاضای کاغذ این شرکت باید عرضه محصولات خود را از طریق افزایش کارایی واحدهای تولیدی خود افزایش دهد. کارایی بیانگر این مفهوم است که یک سازمان از چه روش مناسبی از منابع خود در راستای تولید نسبت به بهترین عملکرد در مقطعی از زمان استفاده کرده است. ارزیابی عملکرد را می‌توان یکی از ضرورت‌های مدیریت در نحوه استفاده از منابع در راستای بهره‌برداری بهینه دانست. بشر همواره در

صدد بوده که با توجه به محدودیت‌های خاص زمان و مکان حداکثر استفاده را نماید. از این روی، اندازه‌گیری کارایی به‌دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد هر شرکت یا سازمانی همواره مورد توجه محققین قرار داشته است (۱۸).

برای افزایش کارایی از جمله مهم‌ترین اقدامات اولیه اندازه‌گیری و کنترل کارایی این شرکت می‌باشد. تکنیک‌های مختلفی به‌منظور ارزیابی و اصلاح عملکرد سازمان‌ها و موسسات استفاده می‌شوند که عمدتاً می‌توان آن‌ها را به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تقسیم‌بندی نمود:

روش‌های پارامتری به روش‌هایی اطلاق می‌شود که در آن‌ها ابتدا یک شکل خاص برای تابع تولید در نظر گرفته می‌شود و سپس با یکی از روش‌های برآورد توابع که در آمار و اقتصادسنجی مرسوم است، ضرایب مجهول (پارامترهای) این تابع برآورد می‌گردد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تابع تولید مرزی تصادفی[1] و تابع سود[2] اشاره کرد. روش‌های پارامتری برای ارزیابی کارایی واحدهای تولیدی که یک ستاده دارند و یا در صورت داشتن ستاده بیشتر می توان ستاده‌ها را به یکدیگر یا به یک واحد ستاده یکسان تبدیل کرد، مناسب هستد (۱۹).

روش‌های ناپارامتری از دیگر روش‌های ممکن برای ارزیابی کارایی می‌باشند که در آن با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی به ارزیابی کارایی بنگاه‌ها پرداخته می‌شود. در این روش دیگر نیازی به برآورد تابع تولید نمی‌باشد و نیز چنانچه بنگاه موردنظر دارای چند خروجی متفاوت باشد، این روش در ارزیابی کارایی با مشکلی مواجه نخواهد بود. از طرفی واحدهای تصمیم‌گیری[3] (DMU) کارا یک مجموعه مرجع مجازی را به‌عنوان الگوی بهینه برای واحدهای ناکارا تعریف می‌کنند. نخستین بار فارل در سال ۱۹۵۷ با روش مرزی به نام مرز کارایی فارل[4] مرز غیر پارامتری کارایی را تعریف کرد (۱۱). او در حقیقت زیر بنای شاخه‌های بهینه‌سازی را در علوم ریاضی بنا نهاد که بعدها چارنز و همکاران (۱۹۷۸) با معرفی مدل CCR[5] بر اساس مدل‌های ریاضی توسعه یافته به‌عنوان تحلیل پوششی داده‌ها معروف شد (٤)، که این مدل توانایی اندازه‌گیری کارایی نسبی با چندین ورودی و خروجی را داشت (٦).

1- Stochastical Frontier Production Function Method
2- Profit Function Method
3- Decision Maker unit
4- Farrell Efficiency Frontier
5- Charnes, Cooper, Rhodes

از آن زمان تاکنون، صدها مقاله در این خصوص در جهان ارائه شده است و مدل‌های مختلف و متنوعی برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری همگن به‌وجود آمده است، ولی می‌توان اذعان نمود که همه مدل‌های امروزی در این تکنیک برگرفته از کار ابتدایی چارنز، کوپر و رودز یا مدل CCR هستد. هرچند تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[1]) خیلی زود در اندازه‌گیری کارایی نسبی صنایع جنگلی استفاده شد (۲٤)، اما تعداد مقالات مبتنی بر استفاده از این تکنیک در ارزیابی عملکرد راندمان صنایع جنگلی، در جهان خیلی محدود است. کاو و یانگ (۱۹۹۲ و ۱۹۹۱) در حقیقت از جمله اولین کسانی بودند که از DEA برای اندازه‌گیری کارایی صنایع جنگلی استفاده کردند (۱۵ و ۱٤). تحقیق آن‌ها آغازی بود برای ایجاد شاخه‌های جدید در مطالعات کارایی در جنگل‌داری که بعدها هم توسعه پیدا کرد، که می‌توان در این خصوص به مطالعاتی اشاره کرد:

هایلو و ویمن (۲۰۰۳)، به تحلیل تطبیقی افزایش کارایی و بهره‌وری در صنایع بهره‌برداری مناطق شمالی کانادا پرداختند (۱۳). این پژوهش نشان داد که فعالیت‌های بهره‌برداری در مناطق شمالی (بوره آل) مشخصه اصلی اختلافات کارایی در این مناطق هستند و همچنین کارایی کلی در صنایع بهره‌برداری شمالی به‌طور متوسط در هر سال ۱/٥٦ درصد پیشرفت داشت. لی (۲۰۰٥)، نیز از تحلیل پوششی داده‌ها در تعیین کارایی نسبی کارخانجات جنگلی و کاغذسازی استفاده کرد (۱۷). نی رود و باردسن (۲۰۰۳)، به اندازه‌گیری کارایی تولیدی و افزایش بهره‌وری در کارخانجات چوب بری نروژ پرداختند (۲۲). آنالیز آن‌ها از طریق یک مجموعه پانل اطلاعاتی فشرده که شامل ۲۰۰ کارخانه چوب‌بری (از سال ۱۹۷٤ تا ۱۹۹۱) بود، انجام گرفت. افزایش (بهبود) بهره‌وری نیز از طریق شاخص بهره‌وری در طول دوره مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مدل‌های بازده به مقیاس ثابت تحلیل پوششی داده‌ها نشان داد که کارایی تولیدی تقریباً ۳۰ درصد و افزایش بهره‌وری نیز ۱ درصد در هر سال می‌باشد. اسپورکیک و همکاران (۲۰۰۹)، با اندازه‌گیری راندمان واحدهای سازمانی در جنگلداری کرواسی با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک، به‌این نتیجه رسیدند که تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری چند معیاره قدرتمند و با ارزش در مدیریت جنگل مورد استفاده قرار گیرد (۲۷). کورکماز (۲۰۱۱)، کارایی شرکت‌های جنگلداری ترکیه را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری نمود (۱٦). هم‌چنین زینگ فو و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از مدل‌های ثانویه

1- Data Envelopment Analysis

تحلیل پوششی داده‌ها اقدام به اندازه‌گیری کارایی تولیدی جنگل‌های عمومی کشور چین نمودند (۳۰). نتایج عدم توازن و اختلاف فاحشی را در کارایی نسبی مناطق جنگلی چین در استان‌های مختلف نشان می داد، به‌طوری که ۲ منطقه خودگردان کارا و ۵ منطقه دیگر چین ناکارا اعلام گردیدند، البته نمرات کارایی بسیار نزدیک بودند که تحقیق قدرت بالایی تفکیک این روش را در تعیین کارایی مناطق نشان داد.

تا کنون مطالعات محدودی در خصوص ارزیابی میزان کارایی و مزیت نسبی صنایع وابسته به تولیدات جنگلی (به‌ویژه کاغذهای صنعتی) در داخل کشور صورت گرفته است، که می‌توان به مطالعه رفیقی و همکاران (۲۰۰٦) در خصوص بررسی وضعیت عرضه و تقاضای فرآورده‌های کاغذی و مزیت نسبی و رقابتی این محصولات در سهم صادرات و واردات کشور طی سال‌های ۷۲ تا ۸۱ اشاره کرد (۲۳). محمدی لیمائی (۲۰۱۲) نیز کارایی ١٤ شرکت جنگلداری ایران را با استفاده از مدل‌های پایه‌ای و دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی نمود، که طبق نتایج تحقیق مذکور شرکت‌های نکا چوب و کلاردشت در برداشت چوب کارا بودند و همچنین شرکت نکا چوب بالاترین امتیاز کارایی کلی را به‌دست آورد و سرانجام واحدهای مرجع بر مبنای مدل‌های دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای واحدهای ناکارا تعیین شدند (۲۱).

شایان ذکر است که در تمامی این مطالعات به قدرت تفکیک بالای DEA در اندازه‌گیری کارایی نسبی به نوعی اشاره شده است، از این‌روی در این تحقیق نیز به ارزیابی عملکرد و تعیین کارایی نسبی شرکت چوب و کاغذ مازندران توسط مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شده است تا بتوان با تعیین واحدهای الگو و نقاط تولیدی مطلوب برای واحدهای ناکارا، سبب افزایش کارایی مقیاسی واحدهای تولیدی و درنهایت افزایش سودآوری شرکت مذکور با استفاده بهینه از ورودی‌های آن شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها: داده‌های مورد یاز این تحقیق به روش اسنادی (از ترازنامه مالی و صورت سود و زیان شرکت[1]) جمع‌آوری شده است (۱۲). جهت انجام این مطالعه ٦ خط تولیدی به‌ترتیب زیر برای شرکت چوب و کاغذ مازندران در نظرگرفته شد:

1- Financial balance sheet and income statement

۱- کاغذ روزنامه، ۲- کاغذ چاپ و تحریر، ۳- کاغذ کرافت لاینر سفید، ٤- کاغذ کرافت لاینر قهوه‌ای، ٥- کاغذ فلوتینگ خط (۱)، ٦- کاغذ فلوتینگ خط (۲)

داده‌های اولیه مربوط به هر خط تولید به‌صورت یک دوره ٦ ساله (از سال ۱۳۸٤ تا ۱۳۸۹) و به ۲ صورت ورودی‌ها شامل هزینه ثابت (مستقل از تغییرات حجم تولید می‌باشد، که در تحقیق حاضر این هزینه شامل هزینه‌های دستمزد، میزان مصرف برق ثابت، بیمه، استهلاک وسایل، تعمیرات، سربار مستقیم و سایر سربار می‌باشد) و هزینه متغیر (با مقدار تولید تغییر می‌کند، که در اینجا این هزینه شامل هزینه‌های مواد مصرفی، برق متغیر، گاز و سوخت و سربار غیرمستقیم می‌باشد) و خروجی‌ها شامل فروش خالص و سود ناخالص در نظر گرفته شد (صورت‌های مالی شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران، ۲۰۰۹). این داده‌ها به‌صورت اسمی[1] (دارای تورم) بوده که با استفاده از شاخص قیمتی مصرف کننده بانک مرکزی ایران (CPI[2]) در سال پایه ۱۳۸۳ تبدیل به داده‌های واقعی[3] (تعدیل شده) شده‌اند (۲۰):

$$C_I = \frac{C_t \times 100}{Y_t}$$ (رابطه ۱)

C_I برابر است با هزینه ثابت/ متغیر تعدیل شده به سال پایه، C_t هزینه ثابت/ متغیر در سال t،
Y_t شاخص قیمت‌ها در سال t و عدد ۱۰۰ میزان شاخص در سال پایه (۱۳۸۳) است.

$$R_I = \frac{R_t \times 100}{Y_t}$$ رابطه (۲)

R_I برابر است با فروش خالص/ سود ناخالص تعدیل شده به سال پایه، R_t فروش خالص در سال t.

میانگین این دوره ٦ ساله (با داده‌های تعدیل شده) برای محاسبه کارایی هر خط تولیدی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

1- Nominal data
2- Consumer price index
3- Real data(deflation)

جدول ۱- ورودی و خروجی‌های تعدیل شده توسط شاخص CPI (میلیون ریال).

Table 1. Adjusted input and output data by CPI index (Iranian million Rial).

میانگین Average	سال اول First year	سال دوم Second year	سال سوم Third reat	سال چهارم Fourth year	سال پنجم Fifth year	سال ششم Sixth year	ورودی/ خروجی Input/output	واحد تولیدی Production unit
42422.22	81304.35	52858.3	47448.7	42062.19	11515.76	19344	هزینه ثابت Fixed cost	روزنامه Newspaper
123939.75	237536.2	154429.1	138625.9	122887.1	33644.83	56515.34	هزینه متغیر Variable cost	
213945.6	398550.7	259109.3	254896.7	225958	53762.56	91396.58	فروش خالص Net sale	
47583.69	79710.14	51821.86	68822.16	61008.73	8601.97	15537.25	سود ناخالص Gross profit	
3126.87	130.43	117.41	857.73	1595.2	4095.07	11965.38	هزینه ثابت Fixed cost	چاپ و تحریر Printing and writing
12908.24	536.23	485.02	3541.04	6585.92	16906.4	49394.83	هزینه متغیر Variable cost	
19624.85	833.33	753.04	6025.3	11207.31	25001.97	73928.13	فروش خالص Net sale	
3589.73	166.66	150.61	1626.54	3026.19	4000.49	12567.92	سود ناخالص Gross profit	
320.47	86.05	89.88	82.08	1111.84	523.64	29.36	هزینه ثابت Fixed cost	کرافت لاینر سفید White kraft liner
1515.12	432.06	425.91	385.09	5241.68	2467.49	138.475	هزینه متغیر Variable cost	
2394.14	613.22	644.53	640.22	8703.76	3561.08	202.01	فروش خالص Net sale	
563.07	122.28	128.74	173.05	2350.24	569.95	34.18	سود ناخالص Gross profit	
6672.1	5965.58	6274.49	5690.15	5338.79	6526.11	10237.51	هزینه ثابت Fixed cost	کرافت لاینر قهوه‌ای Brown kraft liner
27544.06	24628.62	25901.21	23488.37	22040.92	26941.87	42263.37	هزینه متغیر Variable cost	
43172.68	38242.75	40219.43	39970.59	37506.27	39842.86	63254.16	فروش خالص Net sale	
8956.51	7648.55	8043.72	10792.07	10126.57	6374.88	10753.29	سود ناخالص Gross profit	
7486.57	6652.17	7433.2	6503.42	11171.3	5275.86	7883.44	هزینه ثابت Fixed cost	فلوتینگ خط (۱) Fluting line(1)
21872.49	19434.78	21716.6	19000.68	32636.66	15413.79	23032.43	هزینه متغیر Variable cost	
37945.42	32608.7	36437.25	34937.07	60010.91	24630.54	37248.03	فروش خالص Net sale	
8286.37	6521.74	7287.5	9432.97	16202.95	3940.89	6332.16	سود ناخالص Gross profit	
60199.62	59869.57	66898.79	58531.46	60863.61	58024.63	57009.64	هزینه ثابت Fixed cost	فلوتینگ خط (۲) Fluting line(2)
175877.6	174913	195449.4	171004.8	177817.2	169523.6	166557.4	هزینه متغیر Variable cost	
300509.2	293478.3	327935.2	314433	326960.2	270890.6	269358	فروش خالص Net sale	
64432.01	58695.65	65587.04	84896.72	88279.32	43342.36	45790.97	سود ناخالص Gross profit	

روش مطالعه: تحلیل پوششی داده‌ها در حقیقت یک برنامه‌ریزی ریاضی برای اندازه‌گیری واحدهای تصمیم‌گیری بر اساس مجموعه‌ای از مشاهدات است که بدین وسیله اقدام به تخمین تجربی مرز کارایی می‌کند. این روش، یک تابع مرزی را به‌دست می‌آورد که در آن تمام داده‌ها تحت پوشش قرار می‌گیرند و به همین دلیل آن را "تحلیل پوششی داده‌ها" یا "تحلیل فراگیر" می‌نامند (۱). مدل‌های DEA مرز کارایی یک سری از DMU ها را محاسبه کرده و کارایی نسبی هر واحدرا نسبت به واحد مشخصی برآورد می‌کنند. به‌این ترتیب که بین واحدهای کارآمد و ناکارآمد فرق یا تمیز قائل می‌شوند. این مدل‌ها بهترین واحدهای عمل یا کارا را با دادن درجه یا رتبه ۱ مشخص می‌کنند در حالی‌که درجه ناکارآمدی سایر واحدها نیز بر اساس فاصله هندسی نسبت خروجی‌ها به ورودیشان از مرز کارا (یعنی عدد ۱) محاسبه می‌شود (۹).

مدل نسبت CCR: همان‌طور که قبلاً اشاره شد، چارنز و همکاران (۱۹۷۸) کار فارل را توسعه دادند و مدل اولیه روش تحلیل پوششی داده‌ها را به‌منظور اندازه‌گیری کارایی نسبی ارائه دادند (٤). فرض کنید n واحد تصمیم‌گیرنده وجود دارد، Z_0 امین واحد تصمیم‌گیرنده، m ورودی i=1,...,m را برای تولید s خروجی r= 1,…,s مصرف می‌کند. کارآیی این واحد تحت ارزیابی (z_0) از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود که به مدل نسبت CCR مشهور است:

$$MaxZ_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}$$

$$st:$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1 \qquad (j = 1,2,...n)$$

مدل (۱)

$$u_r, v_i \ge 0$$

در مدل فوق

x_{ij}: میزان ورودی iام (هزینه ثابت و هزینه متغیر) مصرف شده توسط واحد تصمیم‌گیری jام

y_{rj}: میزان خروجی rام (فروش خالص و سود ناخالص) تولید شده توسط واحد تصمیم‌گیری jام

v_i: وزن داده شده به ورودی iام

u_r: وزن داده شده به خروجی rام

به‌عبارت دیگر در روش تحلیل پوششی داده‌ها نسبت موزون خروجی‌ها- ورودی‌ها را حداکثر می‌نماییم به این شرط که همین ضرایب در سایر بنگاه‌ها کارایی آن‌ها را از واحد تحت ارزیابی (z_0) بیشتر نکند.

مدل اولیه (مضربی) CCR: همان‌طور که ذکر شد مدل (۱) یک مدل غیرخطی است که با استفاده از تبدیل چارنز- کوپر (برای حداکثر کردن یک عبارت کسری کافی است که مخرج کسر معادل یک عدد ثابت در نظر گرفته شده و صورت کسر حداکثر گردد) می‌توان آن را به یک مساله برنامه‌ریزی خطی تبدیل کرد که آن را مدل مضربی CCR می‌نامند (٤).

$$Max Z_0 = \sum_{r=1}^{s} y_{r0} u_r$$

$$st:$$

مدل (۲)

$$\sum_{i=1}^{m} x_{i0} v_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} y_{rj} u_r - \sum_{i=1}^{m} x_{ij} v_i \le 0 \qquad (j = 1,2,...,n)$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon$$

که در آن u_r و v_i مطلوب‌ترین ضرایبی هستند که برای خروجی r ام و ورودی i ام از واحد تصمیم‌گیرنده در محاسبه کارآیی Z_0 به‌کار گرفته شدند و ε یک عدد غیر ارشمیدسی کوچک است، که صفر در نظر گرفتن هر ضریب ورودی/ خروجی را منع کرده است (۷ و ۵).

مدل ثانویه (پوششی) CCR و BCC

مدل ثانویه CCR: در مدل‌های مضربی از آنجا که برای هر واحد باید یک محدودیت نوشته شود به این ترتیب مدل برنامه‌ریزی خطی به‌دست خواهد آمد که تعداد محدودیت‌های آن از تعداد متغیرهایش بیشتر است و از طرفی چون حجم عملیات محاسباتی در حل جدول سیمپلکس بیشتر وابسته به تعداد محدودیت‌ها است تا متغیرها، لذا حل مسئله ثانویه مدل فوق حجم عملیات محاسباتی کمتری را

خواهد داشت، همچنین این مدل‌های ثانویه می‌توانند میزان بهبود بهینه (مجموعه مرجع) ورودی و خروجی‌های ناکارا را تعیین کنند (۱۸). بنابراین در این تحقیق از مدل‌های ثانویه برای محاسبه کارایی استفاده گردید. مدل ثانویه CCR ورودی محور به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\min y_0 = \theta - \varepsilon\left(\sum_{r=1}^{s} s_r^{+} + \sum_{i=1}^{m} s_i^{-}\right)$$

st :

مدل (۳)

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - s_r^{+} = y_{r0} \qquad (r = 1,2,...,s)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{rj}\lambda_j + s_i^{-} = \theta x_{i0} \qquad (i = 1,2,..,m)$$

$$\lambda_j, s_r^{+}, s_i^{-} \geq 0 \quad \theta \ free\ in\ \ sign \qquad (j = 1,2,...,n)$$

در اینجا چون الگوی مدل ثانویه ورودی محور است تابع هدف سعی در کاهش میزان سطح ورودی‌ها (θ) با ثابت نگه داشتن سطح خروجی‌ها دارد. در واقع θ یک متغیر واقعی تصمیم و λ یک بردار غیر منفی متغیرهای تصمیم هستند که در این الگو انتخاب هر بردار λ_j مجاز، یک حد بالا برای ستاده‌ها و یک حد پایین برای داده‌های DMU_0 ایجاد می‌کند و در مقابل این محدودیت‌های θای مرتبط با $\lambda_j^* \geq 0$ گزینه بهینه برای مرتبط شدن با $\min\theta = \theta^*$ را ارئه می‌دهد، این امر موجب می‌شود که θ^* به‌عنوان الگوی هدف سایر واحدهای ناکارا میزان بهبود بهینه را بیان دارد (۳).

تعریف ۱) یک واحد تصمیم گیرنده وقتی کاراست که:

اولاً $\theta^* = 1$ (جواب بهینه مسله) و

ثانیاً متغیرهای کمکی مازاد ورودی و کمبود خروجی $s_r^{+} = s_i^{-} = 0$

- **مدل ثانویه BCC**: همان‌طور که مشاهده می‌شود مدل (۳)، یک مدل ثانویه CCR و تحت بازده به مقیاس ثابت (CRS[1]) است. بدین معنی که هر مضربی از ورودی‌ها همان مضرب از خروجی‌ها را تولید می‌کند، که در آن واحدهای کوچک و بزرگ، با هم مقایسه می‌شوند و نمره حاصله از این مدل کارایی مدیریتی (فنی خالص) را تعیین می‌کند. بنکر و همکاران (۱۹۸٤) با اضافه نمودن یک محدودیت تحدبی $\sum\lambda_j$ آن را به مدل BCC تحت بازده به مقیاس متغیر (VRS[2]) تبدیل نمودند، بدین معنی که هر مضربی از ورودی‌ها، می‌تواند همان مضرب از خروجی‌ها یا کمتر از آن و یا بیشتر از آن را، در خروجی‌ها تولید کند، که در آن هر کدام از DMU ها با واحدهای که دارای اندازه مقیاس مشابه هستند، مورد مقایسه قرار می‌گیرند و نمره حاصله از این مدل کارایی فنی را تعیین می‌کند (۲). مدل ثانویه BCC ورودی محور به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\min y_0 = \theta - \varepsilon\left(\sum_{r=1}^{s} \overset{+}{s}_r + \sum_{i=1}^{m} \overset{-}{s}_i\right)$$

st :

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - \overset{+}{s}_r = y_{r0} \qquad (r = 1,2,...,s)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{rj}\lambda_j + \overset{-}{s}_i = \theta x_{i0} \qquad (i = 1,2,..,m)$$

$$\sum \lambda_j = 1 \qquad (j = 1,2,...,n)$$

$$\lambda_j, \overset{+}{s}_r, \overset{-}{s}_i \geq 0 \quad \theta \ \textit{free in sign}$$

(مدل ٤)

تعریف ۲) در این مدل هم، یک واحد تصمیم گیرنده وقتی کاراست که:

اولاً $\theta^* = 1$ (جواب بهینه مسله) و

ثانیاً متغیرهای کمکی مازاد ورودی و کمبود خروجی $\overset{+}{s}_r = \overset{-}{s}_i = 0$

1- Constant returns to scale
2- Variable returns to scale

مدل کارایی مقیاس: با به‌دست آوردن کارایی واحدها در حالت بازده به مقیاس ثابت و متغیر می‌توان کارایی مقیاس را نیز برای واحدهای محاسبه نمود، که در آن کارایی مقیاس (SE)[1] هر واحد با مقایسه امتیاز کارایی فنی خالص آن واحد تحت شرایط بازده به مقیاس ثابت به امتیاز کارایی فنی آن واحد تحت بازده به مقیاس متغیر به‌صورت زیر تعیین می‌گردد (۱۰):

$$SE = \frac{\theta^{*}_{CCR}}{\theta^{*}_{BCC}} \qquad \text{(مدل ۵)}$$

تعریف ۳) یک واحد تصمیم گیرنده وقتی کاراست که:
$SE = 1$ باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصله از کارایی فنی خالص تحت بازده به مقیاس ثابت CCR نشان می‌دهد که این شرکت در خط‌های تولیدی مختلف دارای کارایی نسبی متفاوتی می‌باشد. به‌طوری که بر اساس این مدل‌های با قدرت تفکیک بالا، خط تولیدی کاغذ چاپ و تحریر (واحد دوم) دارای کمترین میزان کارایی می‌باشد و بعد از آن خطوط تولیدی کرافت لاینر قهوه‌ای و فلوتینگ خط ۲ (واحدهای چهارم و ششم)، به‌ترتیب ناکارا اعلام گردیدند. اما خطوط تولیدی روزنامه، کرافت لاینر سفید و فلوتینگ خط ۱ (واحدهای اول، سوم و پنجم) کاملاً کارا (۱۰۰ درصد یا نمره ۱) بوده‌اند که این واحدهای کارا به عنوان الگوی بهینه، مجموعه مرجع و نقاط تولیدی (ورودی‌های مطلوب) را برای هر کدام از واحدهای ناکارا اعلام داشتند (جدول ۲).

نتایج حاصله از کارایی فنی تحت بازده به مقیاس متغیر BCC نشان می‌دهد که این شرکت در خط‌های تولیدی مختلف دارای رفتاری متفاوت با نتایج CCR می‌باشد. به‌طوری که بر اساس مدل ثانویه BCC، فقط خط تولیدی کاغذ چاپ و تحریر (واحد دوم) دارای کمترین میزان کارایی می‌باشد. ولی سایر خطوط تولیدی (واحدهای اول، سوم، چهارم، پنجم و ششم) کاملاً کارا (۱۰۰ درصد یا نمره ۱) بوده‌اند که این واحدهای کارا به‌عنوان الگوی بهینه، مجموعه مرجع و نقاط تولیدی (ورودی‌های مطلوب) را برای واحد دوم اعلام داشتند (جدول ۳).

1- Scale Efficiency

جدول ۲- میزان کارایی خطوط تولیدی مورد مطالعه توسط مدل CCR.

Table 2. Efficiency of investigated production units by CCR model.

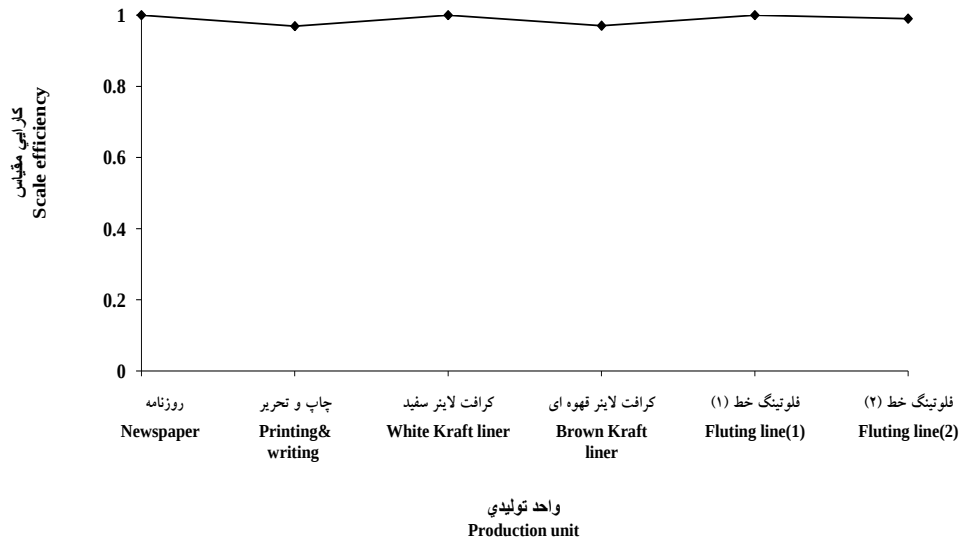
واحد تولیدی Production unit	کارایی Efficiency	مازاد ورودی‌ها Input-Excess		کمبود خروجی‌ها Output-Shortfall		مجموعه مرجع Reference set	نقاط تولیدی (ورودی‌های مطلوب) production Points (optimized inputs)	
		$S_{i(2)}$	$S_{i(1)}$	$S_{r(2)}$	$S_{r(1)}$		ورودی ۲ (X_{i2})	ورودی ۱ (X_{i1})
روزنامه Newspaper	1	0	0	0	0	1	123939.75	42422.22
چاپ و تحریر Printing and writing	0.94	0	0	962.81	0	1-3	12155.56	2944.54
کرافت لاینر سفید White Kraft liner	1	0	0	0	0	3	1515.12	320.48
کرافت لاینر قهوه‌ای Brown Kraft liner	0.97	0	0	1058.65	0	1-3	26741.08	6477.60
فلوتینگ خط Fluting line1	1	0	0	0	0	1	218728.49	7464.57
فلوتینگ خط ۲ Fluting line2	0.99	0	0.06	2404.29	0	1	174086.44	59586.48

جدول ۳- میزان کارایی خطوط تولیدی مورد مطالعه توسط مدل BCC.

Table 3. Efficiency of investigated production units by BCC model.

واحد تولیدی Production unit	کارایی Efficiency	مازاد ورودی‌ها Input-Excess		کمبود خروجی‌ها Output-Shortfall		مجموعه مرجع Reference set	نقاط تولیدی (ورودی‌های مطلوب) production Points (optimized inputs)	
		$S_{i(2)}$	$S_{i(1)}$	$S_{r(2)}$	$S_{r(1)}$		ورودی ۲ (X_{i2})	ورودی ۱ (X_{i1})
روزنامه Newspaper	1	0	0	0	0	1	123939.75	42422.22
چاپ و تحریر Printing & writing	0.97	0	0	527.6	0	1-3-4	12485.66	3024.51
کرافت لاینر سفید White Kraft liner	1	0	0	0	0	1	1515.12	320.48
کرافت لاینر قهوه‌ای Brown Kraft liner	1	0	0	0	0	1	27544.06	6672.11
فلوتینگ خط Fluting line1	1	0	0	0	0	1	21872.49	7464.57
فلوتینگ خط ۲ Fluting line2	1	0	0	0	0	1	175877.59	60199.62

نتایج حاصل از SE، فاصله بین مرزهای بازده به مقیاس ثابت و متغیر را نشان می‌دهد که خطوط تولیدی روزنامه، کرافت لاینر سفید و فلوتینگ خط ۱ کاملاً کارا (۱۰۰ درصد یا نمره ۱) بوده‌اند، یعنی به مقیاس عملکردی بهینه نزدیک می‌باشند (شکل ۱).



شکل ۱- میزان کارایی مقیاس خطوط تولیدی مورد مطالعه.

Figure 1. Scale efficiency of investigated production units.

در این تحقیق توسط مدل‌های ثانویه تحلیل پوششی داده‌ها کارایی نسبی شرکت چوب و کاغذ مازندران در خط‌های تولیدی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و میزان بهبود بهینه (مجموعه مرجع) ورودی و خروجی‌های واحدهای ناکارا نیز تعیین گردید.

در اینجا از مدل‌های ورودی محور تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شد، به‌دلیل این که واحدهای تولیدی می‌توانند با استفاده بهینه از ورودی‌های خود (یعنی کاهش ورودی‌ها تا حد امکان با ثابت نگه داشتن سطح خروجی‌ها) سبب افزایش راندمان و در نتیجه سودآوری بیشتر شرکت شوند، اما نتایج حاصله از مدل‌های CCR و BBC با هم متفاوت بودند، که این امر را می‌توان به‌دلیل خاصیت بازده به مقیاس این دو مدل (الگو) دانست، چون در تکنولوژی بازده به مقیاس ثابت یا کارایی فنی خالص (CCR) یک واحد تولیدی کوچک صرف‌نظر از مقیاس بهینه خود با سایر واحدها تولیدی که می‌توانند از لحاظ مقیاس بهینه خیلی بزرگتر از آن باشند مورد مقایسه قرار گرفته که به تبع امتیاز

کارایی به مراتب پایین‌تری را نسبت به آن‌ها می‌گیرد. این در حالی است که در تکنولوژی بازده به مقیاس متغیر یا کارایی فنی (BBC) هر واحد تولیدی با سایر واحدهای مشابه به لحاظ مقیاس عملکرد مورد مقایسه قرار می‌گیرد، و بدین منظور است که تعداد واحدها و میزان کارایی توسط مدل‌های بازده به مقیاس ثابت کمتر از مدل‌های بازده به مقیاس متغیر است. یعنی همان‌گونه که در جداول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود تعداد واحدهای کارا (۱۰۰ درصد یا نمره ۱) مبتنی‌بر مدل CCR سه عدد (خطوط تولیدی کاغذ روزنامه، کرافت لاینر سفید و فلوتینگ خط ۱) می‌باشد در حالی‌که توسط مدل BCC پنج واحد تولیدی (خطوط تولیدی کاغذ روزنامه، کرافت لاینر سفید، کرافت لاینر قهوه‌ای، فلوتینگ خط ۱ و فلوتینگ خط ۲) کارا اعلام گردیدند. نتایج این تحقیق با مطالعه آذر و موتمنی (۲۰۰٤) به‌منظور ارزیابی کارایی شرکت‌های تولیدی با استفاده از روش DEA کاملاً مطابقت دارد، در مطالعه مذکور نیز تعداد واحدهای کارا مبتنی‌بر مدل CCR کمتر از مدل BCC بوده که محقیقن این امر را به‌دلیل توان ارزیابی مناسب‌تر و واقع بیانه‌تر مدل CCR نسبت به سایر مدل‌ها دانسته‌اند. همان‌طوری که قبلاً اشاره شد در این تحقیق از مدل‌های ثانویه ورودی محورتحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور ارائه مجموعه مرجع یا واحد الگو برای واحدهای ناکارا استفاده شد. در واقع واحدهای کارا مجموعه مرجع و میزان ورودی‌های مطلوب را برای واحدهای ناکارا بر مبنای استفاده بهینه از ورودی‌ها بیان داشتند، که مطابق مدل CCR مجموعه مرجع واحد ناکارای دوم (کاغذ چاپ و تحریر)، واحدهای اول و سوم می‌باشند و این واحد ناکارا مطابق ورودی‌های مطلوب تعیین شده می‌بایست به‌ترتیب ۷۵۲/٦۸ و ۳۳/ ۱۸۲ میلیون ریال (تفاضل ورودی مصرفی و ورودی مطلوب) از میزان ورودی‌های اول و دوم خود بکاهد تا به نقطه تولید یا مرز کارایی نزدیک شود، مجموعه مرجع واحد ناکارای چهارم (کرافت لاینر قهوه‌ای) نیز واحدهای اول و سوم می‌باشند و این واحد هم می‌بایست به‌ترتیب ۸۰۲/۹۸ و ۱۹٤/۵۰ میلیون ریال از میزان ورودی‌های اول و دوم خود بکاهد و در نهایت مجموعه مرجع واحد ناکارای ششم (فلوتینگ خط ۱) واحد اول است و این واحد نیز می‌بایست به‌ترتیب ۱۷۹۱/۱٤ و ٦۱۳/۱۳ میلیون ریال از میزان ورودی‌های اول و دوم خود بکاهد تا به نقطه تولید یا مرز کارایی نزدیک شود. اما مطابق مدل BCC مجموعه مرجع آن یک واحد ناکارا (کاغذ چاپ و تحریر)، واحدهای اول، سوم و چهارم می‌باشند و این واحد ناکارا مطابق ورودی‌های مطلوب تعیین شده می‌بایست به‌ترتیب ٤۲۲/۵۸ و ۱۰۲/۳٦ میلیون ریال از میزان ورودی‌های اول و دوم خود بکاهد تا به نقطه تولید یا مرز کارایی نزدیک شود.

در این تحقیق با به‌دست آوردن نتایج مدل‌های ثانویه CCR و BCC، کارایی مقیاس شرکت مذکور نیز توسط مدل (۵) محاسبه گردید. در خصوص نتایج کارایی مقیاس همان‌طوری که در شکل (۱) دیده می‌شود واحدهای کاغذ روزنامه، کرافت لاینر سفید و فلوتینگ خط ۱، توسط این مدل کارا در نظر گرفته شدند. فاصله بین مرزهای تحت تکنولوژی بازده به مقیاس ثابت و متغیر بیانگر مفهوم ناکارایی مقیاس است و دراین تحقیق همان‌طور که ملاحظه می‌شود این فاصله فقط در بین سه واحد تولیدی مذکور کم بوده است، ولی کارایی مقیاسی کمتر از ۱ برای سایر واحدها اشاره به ناکارایی مقیاسی بهینه دارد، که البته با تغییر مقیاس عملی ممکن است این فاصله بین مرزها کاهش و کارایی کلی این واحدها بهبود یابد. نتایج حاصله از مدل‌های این تحقیق دارای همسوی یکسانی با تحقیقات مشابه می‌باشد، به‌طوری که وحید و سهلتی (۲۰۰۷) در مطالعه خود برای ارزیابی کارایی زیربخش‌های ساخت محصولات چوبی کانادا، با استفاده از مدل‌های مشابه DEA تغیرات راندمان ٦ تا از زیربخش‌های مذکور را از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۳ مورد بررسی قرار دادند و محقیقن به‌این نتیجه رسیدن که کارایی فنی زیربخش‌ها (صنایع) نسبت به کارایی مقیاس آن‌ها خیلی پایین بود که درنهایت راندمان کلی پایینی را از خود نشان دادند (۲۹). هم‌چنین لی (۲۰۰۵) نیز با استفاده از مدل‌های ثانویه (CCR، BCC، SE) به اندازه‌گیری کارایی نسبی ۹۷ شرکت کاغذسازی و جنگلی جهانی در سال ۲۰۰۱ پرداختند که در نهایت با استفاده از کارایی مقیاس، مقیاس عملکردی بهینه را براساس فاصله بین مرزهای تحت تکنولوژی بازده به مقیاس ثابت و متغیر تعیین نمود (۱۷). با توجه به نتایج فوق می‌توان به توانمندی فوق‌العاده تکنیک DEA در تعیین کارایی نسبی موسسات اشاره داشت.

این تحقیق نشان داد که، در مجموع کارایی شرکت چوب و کاغذ مازندران به‌عنوان مهم‌ترین شرکت کاغذسازی ایران خوب بوده است، ولی با توجه به الگوی ورودی محور مدل‌ها که روی کاهش ورودی‌ها متمرکز هستند و کارایی مقیاس این شرکت می‌بایست میزان مصرف منابع و ورودی‌های مالی خود را با راهکارهای صحیح مدیریتی تا حد امکان (همانند واحدهای مرجع ۳، ۱ و ٤) کاهش دهد، یعنی با توجه به این‌که میزان هزینه‌های متغیر به مراتب بیشتر از هزینه‌های ثابت هر خط تولیدی می‌باشد (جدول ۱) و از سوی دیگر چون هزینه تأمین مواد مصرفی بیشترین درصد هزینه متغیر را دارا می‌باشد، این تحقیق همانند مطالعه رفیقی و همکاران (۲۰۰٦) بهترین راهکار را کاهش هزینه‌های مواد مصرفی از طریق جایگزین کردن آخال (کاغذ باطله) با توجه به محدودیت‌های ارزی برای کاهش واردات خمیر الیاف بلند، استفاده از باگاس نیشکر و سایر بقایای محصولات کشاورزی،

استفاده از لینتر پنبه به‌عنوان جایگزین خمیر الیاف بلند و نیز استفاده از ضایعات محصولات کاغذی مصرف شده، دانسته تا این صرفه‌جویی اقتصادی در ورودی‌های مالی سبب افزایش کارایی همه واحدها در مقیاس بهینه و در نتیجه سودآوری کل شرکت شود.

نتیجه‌گیری

شرکت باید میزان مصرف منابع و ورودی‌های مالی خود را با راهکارهای صحیح مدیریتی تا حد امکان (همانند واحدهای الگو کارا) کاهش دهد تا سبب افزایش کارایی همه واحدها در مقیاس بهینه و در نتیجه سودآوری کل شرکت شود.

منابع

1.Azar, A., and Motameni, A. 2004. Productivity measurement of the productive companies by Data Envelopment Analysis models (DEA). Journal of Shahed University, 11: 8. 41-54. (In Persian)

2.Banker, R., Charnes, A., and Cooper, W.W. 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science. 30: 9.1078-1092.

3.Bowlin, W.F. 2000. Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA). http://llans.panam.edu/edu/8305/papers/intotodea, 3-25.

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

5.Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. 1979. Short communication: Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 3: 4.339.

6.Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. 1981. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operation Research, 2: 429-444.

7.Charnes, A., and Cooper, W.W. 1984. The non-Archimedean CCR ratio for efficiency analysis: A rejoinder to Boyd and Färe. European Journal of Operational Research, 15: 333-334.

8.Chavooshi, A. Bahmani, A., Darijani, A., Mootab Saei, A., Mehrabi, A., and Gholipour, M. 2012. The role of wood and paper industries management of Iran in sustainable development, J. of Conservation and Utilization of Natural Resources, 1: 3. 79-95. (In Persian)

9.Coelli, T.J., Prasada Rao, D.S., and Battese, G.E. 1998. An introduction to efficiency and productivity analysis. Kluwer Academic Publishers, Boston. 341p.

10.Cooper, W.W., Seiford, L.M., and Tone, K. 2007. Data Envelopment Analysis. Second Edition, Springer Science+Business Media, LLC, 483p.
11.Farrell, M.J. 1957. The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, Series A. 120: 3.253–281.
12.Financial statements Mazandaran Wood and Paper Industries. 2009. (WWW.mazpaper.com). (In Persian)
13.Hailu, A., and Veeman, T.S. 2003. Comparative analysis of efficiency and productivity growth in Canadian regional boreal logging industries. Can. J. Forest Res. 33: 9. 1653-1660.
14.Kao, C., and Yang, Y. 1991. Measuring the efficiency of forest management. Forest Sci, 37: 5. 1239-1252.
15.Kao, C., and Yang, Y. 1992. Reorganization of forest districts via efficiency measurement. European J. of Operational Res, 58: 3.356-362.
16.Korkmaz, M. 2011. Measuring the productive efficiency of forest enterprises in Mediterranean Region of Turkey using data envelopment analysis. African Journal of Agricultural Research, 6: 19. 4522-4532.
17.Lee, J.Y. 2005. Using DEA to measure efficiency in forest and paper companies. Forest Products Journal. 55: 1. 58–66.
18.Mehregan, M.R. 2008. Quantitative models for evaluating the organizations' performance -DEA, Second Edition, University of Tehran Press, 173p. (In Persian)
19.Mohammadzadeh, H.A., Rezaei, J., Faghie Nasiri, M., and Tavakoli Baghdad Abad, M.R. 2010. Evaluating the efficiency of knowledge economics using mathematical programming model (Iran and regional countries). Economic Bulletin, 10: 1. 135-115. (In Persian)
20.Mohammadi Limaei, S. 2011. Economics Optimization of Forest Management: Economically Optimal Values and Decisions in Iranian Forest Management. LAP LAMBERT Academic Publishing, 140p.
21.Mohammadi Limaei, S. 2012. Efficiency of Iranian forest industry based on DEA models. Journal of Forestry Research, 24: 4. 759-765.
22. Nyrud, A.Q., and Baardsen, S. 2003. Production efficiency and productivity growth in Norwegian sawmilling. Scand. J. Forest Res, 49: 1. 89-97.
23.Rafighi, A., Amiri, S., Enayati, A.A., and Faezipour, M.M. 2006. A Research on the Existing Obstacles in the way of Developing Paper Products, Supply and Demand and the Guidelines to Solving the Problem. Iranian J. Natural Res, 58: 4. 199-211
24.Rhodes, E. 1986. An explanatory analysis of variation in performance among U.S. national parks. In. SILKMANR.
25.Securities and Exchange Organization of Iran. 2010. (WWW.Codal.ir). (In Persian)

26. Sepidehdam, S.M.J. 2003. Studying the Processes of producing Pulp and paper of rice straw and bagasse by environmentally friendly methods, PhD thesis, supervised by Dr. Mirshokraie, S.A., and Jahan Latibari, A. Science and Research Branch, Islamic Azad University, 149p. (In Persian)
27. Sporcic, M., Martinic, I., Landekic, M., and Lovric, M. 2009. Measuring efficiency of organizational units in forestry by nonparametric model. Croat.j.for.eng. 30: 1. 1-13.
28. Tajdini, A., and Roohnia, M. 2008. Investigation and prediction on Fluting Paper Supply and Demand in Iran. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 23: 2. 123-135. (In Persian)
29. Vahid, S., and Sowlati, T. 2007. Efficiency analysis of the Canadian wood-product manufacturing subsectors: A DEA approach. FOREST PRODUCTS JOURNAL. 57: ½. 71-77.
30. Zengfu, Y., Zenglong, A., and Zhenbo, Z. 2012. DEA Analysis of the Production Efficiency of Public Forestland. International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing Lecture Notes in Information Technology, 12: 527-531.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (2), 2016
http://jwfst.gau.ac.ir

Application of fundamental models of data envelopment analysis to determine the relative efficiency of Mazandaran Wood and Paper Industries Company

***M. Zadmirzaei Soleimandarabi[1] and S. Mohammadi Limaei[2]**
[1]Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Iran,
[2]Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Iran
Received: 11/26/2013; Accepted: 04/25/2015

Abstract
Background and objectives: In this study, due to increasing of cardboard and paper products demand and consumption in Iran and also the important role of Mazandaran Wood and Paper Industries Company as a great supplier of paper products, the relative performance of the production units of this company was measured.
Materials and methods: In order to do this research, required data for a period of 6 years (2005 up to 2010) and 6 production units was collected form the company financial balance sheets. Due to the importance of this company, dual input-oriented data envelopment analysis models was used to measure its efficiency.
Results: The results indicated that this company in some production units (such as: newspaper, white kraft liner and fluting line 1) had a good efficiency score (%100 efficient or score 1). But, according to the input-oriented sample of these models and scale efficiency model (SE), the rest of production units were inefficient.
Conclusion: Hence, this company must reduce its consumption of finical inputs (similar to efficient units) until it increases its scale efficiency of production units and profitability.

Keywords: Data Envelopment analysis, Purely technical efficiency (CCR), Technical efficiency (BCC), Scale efficiency (SE), Mazandaran Wood and Paper Industries Company

*Corresponding author: Majid.zadmirzai@gmail.com