فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران/ سال هشتم/ شماره ۲۸/ پاییز ۱۳۸۵/ صفحات ۱۲۳-۱۳۷

ارزیابی کارایی هزینه شرکتهای توزیع برق در استان خراسان (نگرش مرزی تصادفی)

دکتر محمدعلی فلاحی *
وحیده احمدی **

تاریخ ارسال: ۱۳۸۴/۷/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۵/۱۵

چکیده

در این مقاله، تابع هزینه و کارایی هزینه شرکتهای توزیع برق در استان خراسان و در چارچوب الگوی خطای ترکیبی مرزی بتیس و کوئلی(۱۹۹۲) با استفاده از روش حداکثر راستنمایی برآورد شده است. برای این منظور، از داده‌های تلفیقی چهار شرکت توزیع برق استان خراسان طی دوره زمانی ۱۳۷۲-۱۳۸۱ استفاده شده است.

نتایج به دست آمده، نشان می‌دهد که ضریب بار و تراکم مشترکین، رابطه‌ای منفی با هزینه شرکتهای توزیع برق دراین استان دارند و حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکین، دارای رابطه مثبت با این هزینه می‌باشد. علاوه براین، ضرایب برآوردی الگوی هزینه، نبود صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس را در شرکتها ی مزبور نشان می‌دهد. میانگین مقادیر کارایی هزینهٔ برآوردشدهٔ شرکتهای توزیع برق در استان خراسان ۳/۹۸ می‌باشد که درجه بالایی از ناکارایی را در تخصیص هزینه این شرکتها نشان می‌دهد.

طبقه‌بندی JEL : C33، L94

واژگان کلیدی: تابع مرزی تصادفی، بازدهی نسبت به مقیاس، کارایی هزینه، شرکتهای توزیع برق، استان خراسان.

---

* استادیار دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد.

email: mfalahi@yahoo.com

** کارشناس ارشد علوم اقتصادی.

email: vahideh_ahmadi@yahoo.com

مقدمه

صنعت برق به دلیل نقش زیربنایی و ارتباط زیادی که با کلیه عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی دارد، صنعتی پویا و تأثیرگذار است که با توجه به فراگیری گسترده انرژی برق، می‌توان آن را یکی از اصلی‌ترین عوامل بسترساز توسعه اقتصادی کشور به حساب آورد. صنعت برق کشور به دو بخش تولید و توزیع تقسیم می‌شود. بخش توزیع برق به دلیل ارتباط نزدیک با مشترکین، از جایگاه و اهمیت خاصی برخوردار است، اما متأسفانه به دلیل کاستیها و ضعف نظام برنامه‌ریزی، طی سالیان متمادی از توجه لازم برخوردار نبوده است.

با مشخص‌شدن جایگاه بخش توزیع در صنعت برق و در اجرای سیاست کلی دولت مبنی بر واگذاری بخشی از تصدی خود به بخش خصوصی، تأسیس شرکتهای توزیع از سال ۱۳۷۱ به تدریج آغاز شد و هم‌اکنون بالغ بر ۴۲ شرکت توزیع در کشور فعالیت می‌کنند. این شرکتها، به عنوان پیمانکار شرکتهای برق منطقه‌ای، وظیفه بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری شبکه‌ها و تأسیسات توزیع و فروش برق به مشترکین را عهده‌دار می‌باشند.[۱]

با تأسیس شرکت برق منطقه‌ای خراسان در خرداد ماه ۱۳۴۳، صنعت برق در این استان حالتی منسجم و سازمان‌یافته به خود گرفت. از سال ۱۳۷۱، همگام با اجرای سیاستهای تمرکززدایی دولت در صنعت برق، تأسیس شرکتهای توزیع در این استان آغاز گردید. هم‌اکنون چهار شرکت توزیع نیروی برق در سطح استان خراسان مشغول فعالیت می‌باشند.[۲]

امروزه در اکثر مطالعات، محاسبه کارایی مؤسسات اقتصادی از دو روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[۳] و تحلیل مرزی تصادفی(SFA)[۴] استفاده می‌شود. در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA) تابع هزینه و کارایی هزینه شرکتهای توزیع برق استان خراسان مورد ارزیابی قرار گرفته است.[۵]

۱. پیشینه تحقیق

رابرتز (Roberts, 1986) در مقاله‌ای با عنوان "صرفه‌جویی‌های ناشی از تراکم و اندازه در تولید و تحویل برق"، این صرفه‌جویی‌ها را با استفاده از برآورد تابع هزینه ۶۵ شرکت برق خصوصی ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۷۸ محاسبه کرده است. با توجه به اینکه شرکتهای برق در این کشور به‌صورت عمودی هستند

۱- ماهنامه تخصصی صنعت برق، شماره ۳۷، ص ۵۵.

۲- تاریخچه صنعت برق استان خراسان، ۱۳۷۷، ص۸-۱۰.

3- Data Envelopment Analysis

4- Stochastic Frontier Analysis

۵- دوره مطالعه مربوط به زمان قبل از تقسیم استان خراسان به سه استان خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی می‌باشد.

(یعنی هر شرکت درصدی از برق توزیع‌شده را تولید می‌کند)، لذا برای برآورد تابع هزینه از تابع دو مرحله‌ای استفاده شده است. در اولین مرحله، مقادیر سرمایه، نیروی کار، سوخت و برق خریداری‌شده برای حداقل‌کردن هزینه نهاده کیلووات ساعت برق تولیدی انتخاب شده ودر دومین مرحله، این کیلووات ساعتها با نهاده‌های سرمایه و نیروی کار بخش انتقال و توزیع برای حداقل‌کردن هزینه تولید ولتاژهای بالا و پایین تحویلی ترکیب گردیده‌اند. به دلیل اینکه این ولتاژها به لحاظ جغرافیایی پراکنده می‌گردند، لذا خصوصیات محیطی شرکتها به خصوص اندازه آنها بر حسب مایل مربع) و تعداد مشترکین به عنوان محدودیتهای برون‌زا در تابع هزینه لحاظ گردیده است. در نهایت، هزینه کل عرضه برق، تابع عوامل زیر در نظر گرفته شده است:

$$C = f(P_P, P_T, P_D, P_M, Q_L, Q_H, A, N) \qquad (۱)$$

که در آن، P_P، P_T، P_D و P_M به ترتیب قیمتهای نسبی نهاده برق تولیدی بر حسب کیلووات ساعت، سرمایه بخش انتقال، سرمایه بخش توزیع و نیروی کار؛ Q_L و Q_H به ترتیب ولتاژهای بالا و پائین تحویلی به مشترکین؛ A اندازه منطقه توزیع برحسب مایل مربع؛ و N تعداد مشترکین است.

برای برآورد تابع هزینه از تابع ترانسلوگ[1] استفاده شده و با استفاده از این تابع، کششهای مربوط به هر کدام از متغیرها و مقادیر بازدهی نسبت به تراکم محصول، تراکم مشترکین و اندازه برآورد گردیده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که افزایش در میزان محصول مصرفی هر مشترک از عوامل مهم کاهش هزینه متوسط بوده، در حالی که تراکم مشترکین و اندازه منطقه، تأثیر قابل توجهی بر کاهش هزینه‌ها نداشته است.

برنز و ویمن جونز (Burnes and Wey-man Jones, 1996) در مقاله‌ای با عنوان "تابع هزینه و کارایی هزینه در توزیع برق(نگرش مرزی تصادفی)"، عوامل مؤثر بر هزینه وکارایی هزینه ۱۲ شرکت توزیع برق انگلستان در دوره زمانی۱۹۸۰-۱۹۸۱ و۱۹۹۲-۱۹۹۳ را بررسی کرده‌اند. هزینه شرکتهای توزیع برق در این مطالعه به صورت تابع زیر در نظر گرفته شده است:

$$C = f(Y, Z, P_L, P_K) \qquad (۲)$$

که در آن، C هزینه کل توزیع؛ Y ستاده (تعداد مشترکین)؛ Z بردار عوامل برون‌زا شامل حجم الکتریسیته تحویلی، حداکثر تقاضا، طول شبکه، ظرفیت انتقال، ساختار بازار و تراکم مشترکین؛ P_K قیمت سرمایه؛ و P_L قیمت نیروی کار است.

1- Translog

برای برآورد تجربی تابع هزینه شرکتهای مزبور، از تابع ترانسلوگ استفاده شده است. ابتدا تابع هزینه با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی[1](OLS) و سپس توابع هزینه مرزی با استفاده از دو روش حداکثر راستنمایی[2](ML) و حداقل مربعات تعمیم‌یافته[3](GLS) برآورد گردیده‌اند. نتایج برآورد تابع هزینه با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی(OLS) برآوردهای قابل قبولی را برای همه ضرایب به‌استثنای طول خطوط و ظرفیت انتقال نشان داده است. نظر به اینکه پارامترها تا حد زیادی نسبت به قبل از خصوصی‌سازی بدون تغییر مانده است، لذا نتیجه‌گیری شده که خصوصی‌سازی هیچ تأثیری بر سازماندهی نهاده‌ها در فرایند تولید نداشته است. به عبارت دیگر، این شرکتهای توزیع قبل از فرآیند خصوصی‌سازی نیز به صورت کارا فعالیت می نموده‌اند.

برای بررسی تأثیر نوع توزیع جزء اخلال ناکارایی بر مقادیر کارایی هزینه برآوردشده شرکتها، توابع هزینه شرکتهای مزبور با استفاده از روش حداکثر راستنمایی(ML) و با سه فرض توزیع نیمه نرمال[4]، نرمال منقطع[5] و نمایی[6] برای جزء ناکارایی برآورد گردیده‌اند. نتایج به دست آمده نشان داده است که مقادیر کارایی هزینه برآورد شدهٔ شرکتها، رابطه‌ای با نوع توزیع جزء ناکارایی نداشته است. به علاوه تمامی این الگوها وجود صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس را در صنایع توزیع برق این کشور مورد تأیید قرار داده‌اند.

سالوانز و تجوتا (Salvanes and Tjotta,1999) در مقاله‌ای با عنوان" تفاوتهای بهره‌وری در صنایع چند ستاده‌ای (کاربرد تجربی در توزیع برق)" و به منظور تعیین مقادیر بلندمدت بهره‌وری شرکتهای توزیع برق با استفاده از تابع هزینه کوتاه مدت، بازدهی نسبت به تراکم و مقیاس را برآورد کرده‌اند. با فرض اینکه فیزیک شبکه (نهاده ثابت) در سطح بهینه قرار دارد، هزینه کوتاه‌مدت توزیع برق به صورت تابع زیر در نظر گرفته شده است:

$$VC = f(Y, N, W_L, W_E, F) \qquad (۳)$$

که در آن، Y ستاده (حجم الکتریسیته تحویلی)، N تعداد مشترکین، W_L قیمت نیروی کار، W_E قیمت برق خریداری شده، و F طول خطوط توزیع (متوسط وزنی خطوط هوایی، دریایی و زیرزمینی) است.

برای برآورد تابع مزبور از نمونه‌ای متشکل از ۱۰۰ شرکت توزیع برق نروژ در سال ۱۹۹۸ استفاده گردیده است. با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ، مقادیر بازدهی نسبت به تراکم و مقیاس محاسبه شده است. نتایج به دست آمده وجود صرفه‌جویی‌های ناشی از تراکم و مقیاس را در این شرکتها مورد تأیید قرار داده است. برای آزمون ثبات کششها، تابع هزینه در سه نقطه $\frac{۱}{۲}$ میانگین، میانگین و $\frac{۳}{۲}$ میانگین نمونه

1-Ordinary Least Squares
2 -Maximum Likelihood
3 -Generalized Least Squares
4- Half Normal
5-Truncated Normal
6- Exponential

برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهندکه بازدهی نسبت به مقیاس در این شرکتها متفاوت از یک نیست. لذا شرکتهای توزیع برق نروژ در ناحیه بازدهی ثابت نسبت به مقیاس فعالیت می‌کنند. بنابراین، فرض اول تحقیق، مبنی بر استفاده بهینه شرکتها از نهاده‌ها و تجهیزات سرمایه‌ای مورد تأیید قرار گرفته است.

فیلیپینی، ویلد و کونزل (Filippini, Wild and Kuenzle, 2001) در مقاله‌ای با عنوان "کارایی هزینه و مقیاس در صنعت توزیع برق سوئیس، شواهدی از نگرش مرزی تصادفی"، برای بررسی خصوصیات تابع هزینه بر حسب بازدهی نسبت به تراکم و مقیاس و مشخص‌کردن تأثیر خصوصیات منطقه‌ای بر هزینه شرکتهای توزیع برق از روش مرزی تصادفی(SFA) استفاده کرده‌اند. بدین منظور، نمونه‌ای متشکل از ۵۹ شرکت توزیع برق سوئیس در دوره زمانی ۱۹۸۸-۱۹۹۶ مورد بررسی قرار گرفته است. هزینه عملیاتی شرکتهای مزبور به صورت تابع زیر در نظر گرفته شده است:

$$AC = AC(Y, P_L, P_C, HGRID, LVSH, AVGL, LF, CD, AGSH, FOSH, UPSH) \quad (۴)$$

که در آن، AC هزینه متوسط هر کیلووات ساعت، Y ستاده (کل کیلووات ساعت انتقال یافته)، P_C و P_L به ترتیب قیمت نیروی کار و سرمایه، LF ضریب بار[1]، CD تراکم مشترکین، $AGSH$، $FOSH$ و $UPSH$ به ترتیب سهم زمینهای کشاورزی، سهم زمینهای جنگلی، سهم زمینهای بایر، $HGRID$ متغیر مجازی برای جدا نمودن صنایع توزیع با ولتاژ بالا، $LVSH$ سهم الکتریسیته تحویلی با ولتاژ پایین، و $AVGL$ متوسط مصرف هر مصرف‌کننده با ولتاژ پایین است.

تابع هزینه متوسط این شرکتها به صورت خطی و بر اساس رابطه ذیل برآورد گردیده است:

$$AC = B_O + B_i y + B_{yy} Y^2 + B_{PL} P_L + B_{PC} P_C + B_G HGRID + B_{LS} LVSH + B_{AL} AVGL + B_{LF} LF + B_{CD} CD + B_{CDCD} (CD)^2 + B_{AG} AGSH + B_{FO} FOSH + B_{UP} UPSH + U_i + V_i \quad (۵)$$

در این مطالعه سه الگوی هزینه برآورد شده است. اولین الگو با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی(OLS) و دومین و سومین الگو با استفاده از روش مرزی تصادفی (SFA) و با استفاده از فروض توزیع نیمه نرمال و نمایی برای جزء ناکارایی برآورد شده است.

نتایج به دست آمده از برآورد تابع هزینه شرکتهای توزیع برق کشور سوئیس نشان داده است که بیشتر ضرایب برآوردی در هر سه الگو، علامت مورد انتظار را داشته و به میزان زیادی معنی‌دار هستند. ضریب متغیر ضریب بار در الگوی برآورد شده با روش حداقل مربعات معمولی(OLS) بالاتر از دو الگوی دیگر است چرا که وجود ناکارایی موجب می‌گردد تا این ضریب، قسمتی از اثر خود را از دست داده و بنابراین هزینه‌ها کمتر کاهش پیدا کنند. مقایسه مقادیر کارایی برآورد شده از دو الگوی هزینه مرزی نشان داده است که مقادیر کارایی هزینه نسبت به فروض توزیع جزء ناکارایی حساس هستند. علاوه بر این،

1- Load Factor

نتایج به دست آمده، وجود صرفه‌جویی‌های ناشی از تراکم و مقیاس را در صنایع توزیع برق این کشور مورد تأیید قرار داده است.

فیلیپینی، هرواتین و زوریک (Filippini, Hrovatin and Zoric, 2004) در مقاله‌ای با عنوان "کارایی و تعدیل شرکتهای توزیع برق اسلونی"، کارایی هزینه پنج شرکت توزیع برق این کشور را در دوره زمانی ۱۹۹۱-۲۰۰۰ با استفاده از روش مرزی تصادفی(SFA) مورد بررسی قرار داده‌اند. هزینه کل شرکتهای توزیع برق به صورت تابع ذیل در نظر گرفته شده است:

$$C = C(Y, P_C, P_L, CD, LF) \qquad (۶)$$

که در آن، C هزینه کل، Y ستاده بر حسب کیلووات ساعت تحویلی، P_C و P_L به ترتیب قیمتهای نسبی نیروی کار و سرمایه، CD تراکم مشترکین(نسبت تعداد مشترکین به طول خطوط توزیع)، و LF ضریب بار است.

با فرض توزیع نیمه نرمال برای جزء اخلال ناکارایی، تابع هزینه مرزی شرکتهای مزبور با استفاده از تابع لگاریتم خطی به صورت زیر برآورد شده است:

$$Ln\left(\frac{C}{P_C}\right) = \alpha_0 + \alpha_Y LnY + \alpha_{YL} Ln\frac{P_L}{P_C} + \alpha_{CD} LnCD + \alpha_{LF} LnLF \qquad (۷)$$

نتایج به دست آمده نشان داده است که اکثر ضرایب برآورد شده، به استثنای ضریب بار، از لحاظ آماری معنی‌دار هستند. علاوه بر این، مقادیر بازدهی نسبت به مقیاس، وجود صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس را در این شرکتها مورد تأیید قرار داده است.

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

۲. مبانی نظری

در نظریه‌های اقتصاد خرد، تابع تولید به عنوان تابع مرزی تعریف می‌شود. زیرا این تابع، حداکثر مقدار محصولی را مشخص می‌کند که در واحد زمان از طریق مقادیر مشخصی از نهاده‌ها قابل دسترس می‌باشد. همین تفسیر برای تابع هزینه نیز می‌تواند بیان شود. عبارت مرز برای این توابع به این دلیل به کار برده می‌شود که تحقق هزینه‌های پایین‌تر از حداقل نهاده‌های مورد نیاز در فرایند تولید مرزی غیرممکن است. مقادیری که بر اساس آن هر بنگاه زیر مرز تولید یا بالای مرزهزینه فعالیت می‌کند، به عنوان کارایی نسبی آن بنگاه در نظرگرفته می‌شود.[۱]

اندازه‌گیری کارایی به شیوه نوین از مطالعه فارل (Farrel, 1957) آغاز شد که با الهام‌گرفتن از دبرو و کوپمانز (Debru and Koopmans, 1951) تعریف ساده‌ای از کارایی شرکتها ارائه کرد. او کارایی

۱- کوبین و گانلی(Cubbin and Ganley, 1992)، ص۹-۱۰.

اقتصادی کل را به دو جزء کارایی فنی[1] و کارایی تخصیصی[2] تفکیک کرد. کارایی فنی، توانایی هر بنگاه را در به دست آوردن حداکثر محصول از مقادیر معینی از نهاده‌ها نشان می‌دهد. کارایی فنی، مفهومی نسبی دارد زیرا مقایسه بین بنگاهها در نوع و نحوه استفاده از فن‌آوری است. لذا بنگاهی دارای کارایی فنی بالاتری است که بتواند با مجموعه نهاده‌های مفروض و ثابت میزان محصول بیشتری را نسبت به سایر بنگاهها تولید نماید. کارایی تخصیصی، توانایی یک بنگاه را در استفاده از نهاده‌ها در نسبتهای بهینه و با توجه به قیمتهای نسبی و فن‌آوری تولید منعکس می‌کند. کارایی تخصیصی مفهومی است که تخصیص بهینه عوامل تولید را به قیمت این عوامل ارتباط می‌دهد تا از این طریق، هزینه تولید، حداقل و سود بنگاه، حداکثر گردد. فارل با استفاده از روشهای برنامه‌ریزی خطی[3]، کارایی بخش کشاورزی آمریکا را به صورت عملی محاسبه کرد.[4]

پس از فارل، میوسن و وان دن بروک (Meeusen and van den Broeck, 1977) و ایگنر، لاول و اشمیت(Aigner, Lovell and Schmidt, 1977) با انتشار همزمان دو مقاله در دو قاره مختلف جهان، تحلیل توابع مرزی را پایه‌گذاری کردند. در الگوی برآورد شده توسط آنان ساختار جمله خطای ترکیبی به دو جزء مشخص‌کننده اثرات تصادفی و ناکارایی، تقسیم‌بندی شده بود. میوسن و وان دن بروک، توزیع نمایی و ایگنر، لاول و اشمیت، دو توزیع نمایی و نیمه نرمال را برای جزء اخلال ناکارایی بررسی کردند. پس از آنان بتیس و کورا (Battese and Corra, 1977) سومین مقاله را در بسط روش SFA منتشر کردند.

وجود داده‌های تلفیقی[5] موجب گردید تا شواهد قابل اعتمادتری برای تعیین عملکرد و کارایی بنگاهها فراهم شود. این داده‌ها ما را قادر می‌سازند تا هر تولیدکننده را طی یک دوره زمانی ردیابی و با دیگر بنگاههای مشابه مقایسه کنیم. کاربرد و بسط این الگوها را به ویژه در دهه ۹۰ میلادی و در آثار محققانی همچون کرنول، اشمیت و استیکلز(Cornwell, Schmidt and Stickles, 1990)، کومباکار (Kumbhakar, 1990) و بتیس و کوئلی (۱۹۹۲و ۱۹۹۵) می‌توان یافت.[6]

در الگوهای مرزی تصادفی، علت تفاوت بین تولید واقعی و تولید مرزی همزمان با ناکارایی فنی و عامل تصادفی بیان می‌شود. به عبارت دیگر اگر عملکرد بنگاهی کمتر از تولید مرزی باشد بخشی از آن به دلیل ناکارایی فنی و بخش دیگر به دلیل عامل تصادفی خواهد بود. برتری الگوهای مرزی تصادفی نسبت به الگوهای متداول اقتصادسنجی در این است که این الگوها در برازش تابع، نقاط متوسط را در نظر نمی‌گیرند، بلکه نقاط مرزی را لحاظ می‌کنند.

1- Technical Efficiency 2- Allocative Efficiency 3-Linear Programming

۴- کوئلی(Coelli, 1996)، صفحه ۳.

5- Panel Data

۶- برای اطلاع بیشتر از تاریخچه روش تحلیل توابع مرزیSFA به کومباکار و لاول(Kumbhakar and Lovell, 2000)، ص ۴-۱۱ مراجعه شود.

ساختار اساسی توابع تولید مرزی تصادفی به صورت ذیل می‌باشد:

$$y_i = g(x_i, \beta) + \varepsilon_i \quad ; i = ۱,۲,..., N \qquad (۸)$$

در اینجا y_i تولید بنگاه iام، x_i بردار عوامل مورد استفاده این بنگاه، β بردار پارامترها و ε_i جمله خطا می‌باشد. در الگوی مرزی تصادفی (که خطای مرکب[1] نیز نامیده می‌شود) جمله خطا ε_i از دو جزء مستقل تشکیل شده است که در توابع تولید مرزی به صورت $\varepsilon_i = v_i - u_i$ تعریف می‌شود. در اینجا $v_i \sim N(۰, \delta^۲_v)$ جمله خطای دوطرفه[2] با ویژگیهای متعارف جزء تصادفی می‌باشد. $u_i \geq ۰$ جمله خطای یک طرفه است که ناکارایی فنی را مشخص می‌کند و عموماً فرض می‌شود توزیع نیمه نرمال یا نرمال منقطع داشته باشد. به عبارت دیگر u_i فاصله تولید فعلی(y_i) را از حداکثر مقدار ممکن آن(که توسط مرز تصادفی $[g(x_i, \beta) + v_i]$ مشخص می‌شود) اندازه‌گیری می‌کند. افزایش ناکارایی فنی(u_i) به کاهش سطح تولید فعلی منجر می‌شود و فاصله آن را تا حداکثر ممکن تولید افزایش خواهد داد. لذا علامت u_i در جمله خطای مرکب، منفی می‌باشد.[3]

با توجه به اینکه در چارچوب نظریه‌های اقتصاد خرد، توابع تولید و هزینه دوگان[4] یکدیگر محسوب می‌شوند، لذا از این ویژگی برای الگوسازی توابع هزینه مرزی استفاده می‌شود.توابع هزینه مرزی تصادفی که حداقل هزینه‌ها را به ازای یک سطح مشخص از تولید، قیمت عامل و دانش فنی موجود نشان می‌دهند، می‌توان به صورت رابطه خطی زیر در نظر گرفت.[5]

$$C_{it} = X_{it}\beta + u_i + v_{it} \quad ; u_i \geq ۰ \quad i = ۱,۲,...,N \quad و \quad t = ۱,۲,...,T \qquad (۹)$$

که در آن، C_{it} هزینه تولید بنگاه iام، X_{it} بردار قیمت عوامل تولید، β بردار پارامترها، u_i ناکارایی هزینه و v_{it} جزء اخلال را مشخص می‌نماید. در توابع هزینه مرزی نیز جمله خطا مرکب است، اما به صورت $u_i + v_{it}$ تعریف می‌گردد. در این توابع u_i نشان می‌دهدکه در بنگاه iام به دلیل عدم تخصیص بهینه منابع تا چه اندازه فراتر از مرز هزینه (حداقل هزینه) فعالیت می‌کند.[6]

در توابع مرزی تصادفی، کارایی هزینه هر بنگاه (EFF_i) به صورت نسبت هزینه واقعی به حداقل هزینه[7] و بر اساس رابطه زیر اندازه‌گیری می‌شود (فیلیپینی، هرواتین و زوریک، ۲۰۰۴) :

1- Composed Error

2- Two-Sided

۳- جوندرو و دیگران (Jondrow et al, 1982) ، ص ۲۳۳- ۲۳۴.

4- Dual

۵- فیلیپینی، هرواتین و زوریک، ۲۰۰۴.

۶- پیرایی و کاظمی،۱۳۸۳، ص ۱۶۱-۱۶۴.

۷- حداقل هزینه در اینجا، هزینه‌ای است که در آن ناکارایی وجود نداشته باشد؛ یعنی هزینه‌ای مشروط بر اینکه $u_i = ۰$ باشد.

$$EFF_i = \frac{E(AC|u_i, x_i)}{E(AC|u_i = ۰, x_i)} \qquad (۱۰)$$

بنابراین پیش‌بینی کارایی هزینه (EFF_i) براساس معادله زیر محاسبه می‌گردد[۱]:

$$EFF_i = \frac{X_{it}\beta + u_i}{X_{it}\beta} \geq ۱ \qquad (۱۱)$$

امروزه برای برآورد توابع مرزی، نرم‌افزارهای متعددی طراحی گردیده است که از آن جمله می‌توان به Limdep وFrontier اشاره نمود. در این مطالعه، برای برآورد تابع هزینه مرزی شرکتهای توزیع برق استان خراسان از نرم‌افزار Frontier 4.1 که توسط کوئلی طراحی شده، استفاده شده است. توابع تولید و هزینه مرزی به روش حداکثر راستنمایی(ML) و بر اساس الگوهای پیشنهادی بتیس و کوئلی(۱۹۹۲و۱۹۹۵) برآورد می‌گردد. این نرم‌افزار، ابتدا تقریب اولیه‌ای از ضرایب به دست می‌آورد و سپس از آن در یک الگوریتم تکرارپذیر به منظور محاسبه برآوردهای نهایی حداکثر راستنمایی استفاده می‌کند. برنامه فوق قابلیت تطبیق با داده‌های تلفیقی و کارایی ثابت و متغیر در طول زمان را دارا بوده و متغیر وابسته در آن می‌تواند به صورت فرم اصلی یا لگاریتمی ظاهر گردد.

۳. داده‌ها و اطلاعات الگو

در این مطالعه، چهار شرکت توزیع برق استان خراسان طی سالهای ۱۳۷۲-۱۳۸۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. اطلاعات مربوط به هزینه شرکتهای توزیع، از حسابهای سود و زیان موجود در این شرکتها در دوره زمانی مورد بررسی استخراج شده است. با توجه به اسمی بودن مقادیر هزینه، برای تبدیل آنها به مقادیر واقعی، از شاخص بهای مصرف‌کننده (۱۰۰=۱۳۷۶) استفاده شده است. اطلاعات مربوط به ضریب بار، تعداد مشترکین، حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکین و طول خطوط، از کارنامه برق استان خراسان در این دوره زمانی استخراج شده است.

۴. برآورد الگوی هزینه مرزی شرکتهای توزیع برق استان خراسان

هزینه شرکتهای توزیع برق استان خراسان به صورت تابع زیر در نظر گرفته شده است:

$$C = C(Y, CD, LF) \qquad (۱۲)$$

که در آن، C هزینه کل شرکتهای توزیع(میلیون ریال)، Y حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکین (مگاوات ساعت)، CD تراکم مشترکین، و LF ضریب بار است.

۱- برای اطلاع بیشتر از جزئیات این پیش‌بینی به فرآیند پیشنهادی جوندرو و دیگران (۱۹۸۲) مراجعه شود.

با توجه به تعداد داده‌های قابل دسترس، بسیاری از خصوصیات محیطی شرکتهای توزیع نظیر طول خطوط، تعداد مشترکین و اندازه منطقهٔ توزیع به دلیل همبستگی بالای این متغیرها (که ناشی از تعداد کم مشاهدات بود) مستقیما وارد تابع نگردید. به دلیل همخطی بالای دو متغیر تعداد مشترکین و طول خطوط، از نسبت این دو متغیر (نسبت تعداد مشترکین به طول خطوط توزیع) که همان تراکم مشترکین می‌باشد، استفاده شده است. متغیر ضریب بار نیز به منظور تحلیل تأثیر شدت استفاده از تجهیزات بر هزینه‌ها در الگو وارد گردیده است.

الگوی هزینه مرزی شرکتهای توزیع برق استان خراسان، با استفاده از الگوی اثرات تصادفی و با فرض اینکه مقادیر ناکارایی در طول زمان ثابت و دارای توزیع نرمال منقطع باشند، به صورت لگاریتمی و بر اساس رابطه زیر تخمین زده شده است:

$$\ln C = \alpha_0 + \alpha_1 \ln y + \alpha_2 \ln CD + \alpha_3 \ln LF \qquad (۱۳)$$

نتایج برآورد نهایی الگوی هزینه در جدول (۱) نشان داده شده است[۱]:

جدول-۱. ضرایب برآوردشده تابع هزینه (الگوی نرمال ناقص)

متغیرها	ضرایب برآوردی	مقدار t
عرض از مبدأ	-۹/۱۵۶	-۵/۹
ln Y	۱/۶۱	۱۰/۲۹
ln CD	-۱/۷۹	-۴/۱۲
ln LF	-۰/۹۴	-۰/۸۹
$\delta^2 u$	۰/۲۵۹	
$\delta^2 v$	۰/۲۳۰	
تابع حداکثر راستنمایی	۳۵/۴۴	

منبع: محاسبات تحقیق

ضرایب برآورد شده مندرج در جدول (۱) علامت مورد انتظار را دارند. همچنین این ضرایب، به استثنای ضریب بار، در سطح بالایی معنی‌دار هستند. معنی‌دار نبودن ضریب مربوط به ضریب بار می‌تواند ناشی از تفاوتهای کمی باشد که بین شرکتهای توزیع برق در این استان وجود دارد. با توجه به اینکه تابع مزبور لگاریتمی است، ضرایب برآوردی، کشش هزینه نسبت به متغیر مورد نظر را نشان می‌دهند. کشش هزینه نسبت به محصول مثبت و نسبت به تراکم مشترکین منفی می‌باشد.

۱- به دلیل تعداد محدود مشاهدات (۴۰ مشاهده) استفاده از تابع ترانسلوگ امکان‌پذیر نشد. در مطالعه مشابهی نیز که توسط فیلیپینی، هرواتین و زوریک (۲۰۰۴) انجام شده است، علی‌رغم تأکید آنان بر مناسب‌تر بودن تابع ترانسلوگ، به دلیل کم‌بودن تعداد مشاهدات از تابع لگاریتمی استفاده شده است.

با افزایش تراکم مشترکین و در نتیجه کاهش طول خطوط، علاوه بر کاهش هزینه‌های توزیع، تلفات انرژی نیز تقلیل می‌یابد که این خود، بر کاهش هزینه نهایی به ازای هر یک از مشترکین تأثیرگذار می‌باشد. متغیر ضریب بار که اثر شدت استفاده از تجهیزات بر هزینه‌ها را نشان می‌دهد، بر هزینه‌های توزیع اثر منفی می گذارد چرا که هر چه از تجهیزات و لوازم موجود با ظرفیت بالاتری استفاده گردد، موجب سرشکن‌شدن بیشتر هزینه‌ها می‌شود. حجم الکتریسیته تحویلی به مشترکین نیز اثری مثبت بر هزینه‌ها داشته است چرا که افزایش عرضه برق به مشترکین هزینه‌بر می‌باشد.

۵. ارزیابی صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس در شرکتهای توزیع برق استان خراسان

بازدهی نسبت به مقیاس، افزایش نسبی در هزینه‌های کل را در نتیجه افزایش نسبی در میزان محصول نشان می‌دهد و با معکوس کشش هزینه به صورت زیر برابر است (فیلیپینی، هرواتین و زوریک،۲۰۰۴):

$$ES = \frac{۱}{\partial \ln C / \partial \ln Y} \qquad (۱۴)$$

$ES \geq ۱$ صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس و $ES \leq ۱$ فقدان صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس را در صنعت مربوط نشان می‌دهد. مقدار بازدهی نسبت به مقیاس برآورد شده در این مطالعه ES = ۰/۶۲۵ است که بیانگر فقدان صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس در صنایع توزیع برق این استان می‌باشد. از جمله دلایل دستیابی به این نتیجه را می‌توان پهناور بودن استان خراسان دانست به طوری که ناحیه فعالیت شرکتهای توزیع برق استان را گسترده نموده و موجب شده است تا این شرکتها در ناحیه بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس فعالیت نمایند.

۶. ارزیابی کارایی هزینه شرکتهای توزیع برق استان خراسان

شاخص کارایی هزینه شرکتها با استفاده از رابطه زیر برآورد می‌گردد:

$$EFF_i = \frac{X_{it}\beta + u_t}{X_{it}\beta} \geq ۱$$

هرچه فاصله این شاخص از یک بیشتر باشد، بیانگر ناکارایی بیشتری است که درتخصیص هزینه شرکتها وجود دارد. مقادیر کارایی هزینه هر یک از شرکتهای توزیع برق استان خراسان در جدول (۲) نشان داده شده است.

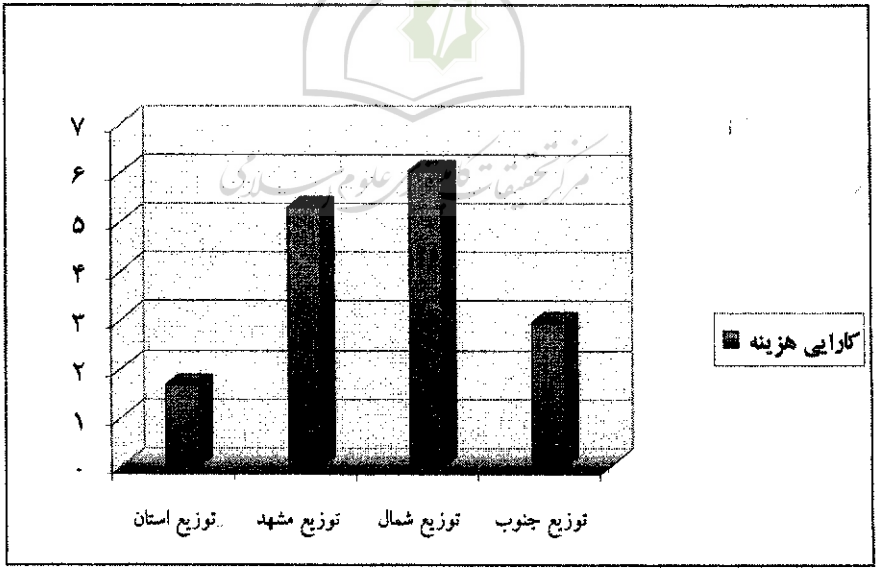
جدول-۲. مقادیر کارایی هزینه برآورد شده شرکتهای توزیع برق استان خراسان

شرکت	کارایی هزینه
توزیع استان	۱/۶۴
توزیع مشهد	۵/۲۹
توزیع شمال	۶/۰۵
توزیع جنوب	۲/۹۵
میانگین	۳/۹۸

منبع: محاسبات تحقیق

مقادیر مندرج در جدول (۲) نشان می‌دهد که از بین شرکتهای توزیع برق استان خراسان، شرکت توزیع استان دارای کمترین و شرکت توزیع شمال دارای بیشترین میزان ناکارایی هزینه می‌باشند. در مجموع، به طوری که در نمودار (۱) مشاهده می‌شود، تمامی شرکتها درجه بالایی از ناکارایی هزینه را نشان می‌دهند.

نمودار-۱. مقادیر کارایی هزینه شرکت‌های توزیع برق استان خراسان



۷. نتیجه‌گیری

برآوردهای حداکثر راستنمایی تابع هزینه مرزی شرکتهای توزیع برق استان خراسان در قالب الگوی خطای ترکیبی مرزی بتیس و کوئلی (۱۹۹۲) نشان می‌دهند که تقریباً تمای متغیرها، به استثنای ضریب بار، علامت مورد انتظار را داشته و در سطح بالایی معنی‌دار می‌باشند. معنی‌دار نشدن ضریب این متغیر را می‌توان در تفاوتهای کمی جستجو کرد که بین شرکتهای توزیع برق در این استان وجود دارد. با توجه به اینکه تابع هزینه برآورد شده لگاریتمی است، ضرایب برآوردی، کشش هزینه را به ازای متغیرهای مورد نظر نشان می‌دهند. کشش هزینه به ازای تراکم مشترکین منفی و به ازای محصول مصرفی توسط هر مشترک مثبت است. لذا افزایش تراکم مشترکین، هزینه شرکتهای توزیع را به دلیل استفاده کمتر از تجهیزات سرمایه‌ای کاهش می‌دهد.

تحلیل صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس، فقدان صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس را در صنایع توزیع برق این استان مورد تأیید قرار می‌دهد. میانگین کارایی هزینه برآورد شده برای شرکتهای توزیع برق در این استان ۳/۹۸ می‌باشد که درجه بالایی از ناکارایی هزینه را نشان می‌دهد. یکی از دلایل این ناکارایی، پهناوربودن استان خراسان و التزام شرکتها به خدمات‌رسانی به مناطقی با خصوصیات متفاوت از نظر تراکم مشترکین وخصوصیات جغرافیایی است که تخصیص بهینه هزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد. لذا با توجه به بزرگ‌بودن ناحیه فعالیت شرکتهای توزیع برق (که باعث گردیده این شرکتها در ناحیه بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس فعالیت کنند)، افزایش تعداد این شرکتها در استان خراسان برای سوق‌دادن آنها به سمت مقیاس بهینه تولید، می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش هزینه شرکتهای مزبور داشته باشد.

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

منابع

احمدی، وحیده. (۱۳۸۳). شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش هزینه تمام شده شبکه‌های انتقال و توزیع برق در استان خراسان. *پایان نامه کارشناسی ارشد*. دانشگاه فردوسی مشهد.

پیرایی، خسرو و کاظمی، حسین. (۱۳۸۳). اندازه گیری کارایی فنی شرکتهای بیمه در ایران بر اساس برآورد تابع مرزی تصادفی. *فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران*. شماره ۱۸، صص: ۱۵۷-۱۷۸.

شرکت برق منطقه‌ای خراسان. (۱۳۷۷). *تاریخچه صنعت برق استان خراسان*. مشهد.

وزارت نیرو، مدیریت هماهنگی و توزیع. (۱۳۷۸). تاریخچه تحول در توزیع برق کشور. *ماهنامه تخصصی صنعت برق*، شماره ۳۷.

Aigner, D.J., C.A.K. Lovell and P. Schmidt.(1997). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. ***Journal of Econometrics***, Vol.6, pp. 21-37.

Battese, G.E. and T.J. Coelli. (1992). Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. ***Journal of Productivity Analysis***, Vol. 3, No. 1/2 (June), pp. 153-169.

Battese, G.E. and T.J. Coelli.(1995). A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. ***Empirical Economics***, Vol. 20, pp. 325-332.

Battese, G.E., and G. Corra.(1977). Estimation of a Production Frontier Model, with Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia. ***Australian Journal of Agricultural Economics***, Vol. 21, pp. 169-179.

Burns, Philip, Thomas Weyman-Jones.(1996). Cost Function and Cost Efficiency in Electricity Distribution: A Stochastic Frontier Approach, ***Bulletin of Economic Research***, Vol.48, No.1, pp.41-65.

Coelli, T..(1996). A Guide to Frontier Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation, ***Centre for Efficiency and Productivity Analysis***, University of New England, Working Paper, No.7.

Cornwell, C.P., P. Schmidt and R.G. Stickles. (1990). Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels. ***Journal of Econometrics***, Vol. 46, No. 1/2 (October/November), pp. 185-200.

Cubbin, John and Joseph Augustin Ganley. (1992). ***Public Sector Efficiency Measurement: Application of Data Envelopment Analysis.*** Amesterdam, North Holland.

Farrell, M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. ***Journal of the Royal Statistics Society***, Series A, Vol. 120, No. 3, pp.253-281.

Filippini, Massimo; Jorg Wild and Micheal Kuenzle. (2001). ***Scale and Cost Efficiency in the Swiss Electricity Distribution Industry: Evidence from a Frontier Cost Approach***. Centre for Energy Policy and Economics. Swiss Federal Institutes of Technology.

Filippini, Massimo, Nevenka Hrovatin and Jelena Zoric. (2004). Efficiency and Regulation of the Slovenian Electricity Distribution Companies. ***Energy Policy***, Vol. 32, Issue.3, pp. 335-344.

Jondrow, James, C. A. Knox Lovell, Ivan S. Materov and Peter Schmidt.(1982). On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. ***Journal of Econometrics***, Vol. 19, pp. 233-238.

Kumbhakar, Subal C. (1990). Production Frontiers, Panel Data and Time-Varing Technical Inefficiency. ***Journal of Econometrics***, Vol. 46, No. 1/2 (October/ November), pp. 201-212.

Kumbhakar, Subal C. and A.C. Knox Lovell.(2000). ***Stochastic Frontier Analysis***, Cambridge University Press.

Meeusen, W. and J. van den Broeck.(1997). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. ***International Economic Review***, Vol. 18, pp. 435-444.

Roberts, Mark J. (1986). Economies of Denisty and Size in the Production and Delivery of Electric Power. ***Land Economics***, Vol. 62, No.4, pp.378-388.

Salvanes, kjell G. and S. Tjotta.(1999). Productivity Differences in Multiple Output Industries: An Empirical Application to Electricity Distribution, ***The Journal of Productivity Analysis***, Vol.5, pp.23-43.

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی